INSTRUCTION SUR LES ROUTES, SUR LES CHEMINS EN FER, SUR LES...

Antoine Marie Augoyat





INSTRUCTION
SUR LES ROUTES,
SUR
LES CHEMINS EN FER,
SUR LES CANAUX ET LES RIVIÈRES.



INSTRUCTION
SUR LES ROUTES,

SUR

LES CHEMINS EN FER,

SUR LES CANAUX ET LES RIVIÈRES;

SUIVIE

DE NOTES SUR LES TRANSPORTS
ET SUR LES PRINCIPAUX CANAUX D'EUROPE,

A L'USAGE

DE L'ÉCOLE D'APPLICATION
DU CORPS ROYAL D'ÉTAT-MAJOR.

A PARIS,
Chez ANSELIN et POCHARD, successeurs de MAGIMEL,
libraires pour l'art militaire, rue Dauphine, n° 9.

1827.





INSTRUCTION

SUR LES ROUTES,

SUR

LES CHEMINS EN FER,

SUR LES CANAUX ET LES RIVIÈRES,

CONSIDÉRÉS COMME

LIGNES DE COMMUNICATIONS MILITAIRES.

PREMIÈRE PARTIE.

DES ROUTES.

Il est souvent nécessaire, en campagne, de réparer les routes que suivent les armées, d'élargir les chemins ou les sentiers, d'en adoucir les pentes. Quelquefois même on est dans l'obligation d'ouvrir des communications nouvelles. L'histoire ancienne et l'histoire moderne offrent à cet égard de nombreux exemples. Nous nous bornerons à citer les suivans; ils suffiront pour faire sentir aux officiers d'état-major combien il

est important pour eux de connaître les principes du tracé et de la construction des routes.

Le principal corps de l'armée française, qui en 1515 porta la guerre dans le nord de l'Italie et vainquit les Suisses à Marignan, avait suivi, pour franchir les Alpes au mont Viso, une route qui était l'ouvrage des troupes elles-mêmes (1).

En 1799, le col de Tende étant fermé à l'armée que commandait Moreau, un chemin nouveau fut ouvert dans les Apennins par une division de cette armée (2).

A l'ouverture de la campagne de Marengo, 1,500 hommes furent employés pendant plusieurs jours à adoucir du côté de Donaz les pentes du sentier d'Albarédo. Ce travail permit à l'infanterie et à la cavalerie de l'armée de réserve de tourner le fort de Bard, qui fermait la vallée d'Aoste. A la fin de la même année, l'armée des Grisons eut, pour franchir le Splugen, à exécuter des travaux difficiles et périlleux (3).

Toute la Calabre, en 1807, à l'exception du fort de Scylla, était soumise aux armes de la France. Aucune des routes qui conduisent à ce fort n'était praticable pour l'artillerie de siége.

(1) Jomini, *Hist. des Guerres de la révolution*, tome XIII, page 426, note.

(2) *Idem*, tome XI, page 307.

(3) Mathieu-Dumas, *Précis des Événemens militaires.*

Le général Reynier résolut d'en ouvrir une à travers l'Aspro-Monte, dernier chaînon des Apennins. Il la traça lui-même ; les troupes de sa division exécutèrent les travaux, et peu de temps après Scylla était en leur pouvoir.

Construction des Routes. (Fig. 1re.)

En France, les routes présentent, vers leur milieu, une chaussée ordinairement bombée et construite avec des matériaux capables de résister au roulage des voitures ; à droite et à gauche de cette chaussée, deux voies en terrain naturel, auxquelles on donne le nom d'accotement, et qui paraissent destinées aux voyageurs à pied. Deux fossés bordent les routes et servent à l'écoulement des eaux ; les accotemens reçoivent les matériaux qu'il est nécessaire d'amasser pour l'entretien des routes. En été (1), ils peuvent être fréquentés par les voitures ; ils sont même, dans les descentes rapides, préférables à la chaussée.

Les routes sont, relativement à leur degré d'importance, divisées en quatre classes (2).

---

(1) En Hollande, les chemins sont divisés en chemins d'été et chemins d'hiver. Les premiers sont établis sur le sommet de digues construites en terres fortes ; les autres le sont au niveau du terrain naturel, qui est ordinairement un sable léger ; et quelquefois ils sont pavés en pierres de petites dimensions. (De Fer, *Science des canaux navigables*, page 83.)

(2) Sganzin, *Cours de construction*, page 82.

Les routes de première classe sont celles qui, partant de la capitale, traversent le territoire français, et communiquent sans interruption avec les villes principales des pays étrangers.

Celles de deuxième classe partent du centre du royaume et aboutissent à un chef-lieu de département.

Les communications de chef-lieu à chef-lieu, d'une grande commune à une autre ou à une route de première classe, se nomment routes de troisième classe.

Enfin, la quatrième classe comprend les chemins de village à village, que l'on nomme ordinairement chemins de traverse.

La largeur de la chaussée, celle des accotemens et fossés, varient suivant la classe à laquelle les routes appartiennent.

Les grandes routes, ouvertes sous les règnes de Louis XIV et de Louis XV, ont communément une largeur totale de 20 mètres. Au commencement du règne de Louis XVI, un arrêt du conseil (1) établit quatre classes de routes, et fixa leur largeur à 14 mètres pour la première classe, à 12 mètres pour la seconde, à 10 mètres pour la troisième, et à 8 mètres pour la quatrième. Les routes tracées au milieu des bois, celles qui servent d'accès à la capitale et à quelques autres villes d'un grand commerce, conservèrent seules

(1) Œuvres de Turgot, tom. VIII, page 371.

une largeur de 20 mètres. Cet arrêt n'a jamais reçu une entière exécution. Le tableau suivant présente la largeur des routes, celles des chaussées, accotemens et fossés, d'après ce qui a paru le plus convenable.

CLASSES.	Largeur.	Chaussée.	Accotemens.	Fossés.	Largeur totale, compris les fossés.
1re.	20	6,66	6,66	2	24
2e.	12	6	3	2	16
3e.	10	6	2	1,66	13,32
4e.	8	5	1,50	1	10

On appelle routes *royales* celles qui sont en tout ou en partie entretenues aux frais du trésor public. Telles sont les routes de première classe, et la plupart de celles de deuxième. Des numéros compris entre 1 et 191 sont affectés à ces routes.

Les routes qui sont entretenues sur les fonds votés par les conseils généraux des départemens, portent le nom de routes *départementales* (1): celles de troisième classe appartiennent à cette catégorie. On appelle chemins *vicinaux* ceux qui sont jugés nécessaires pour la communication des communes.

(1) Décret du 16 décembre 1811.

Lorsque les revenus communaux ne suffisent pas aux dépenses qu'exige leur entretien, on y pourvoit par des prestations extraordinaires en argent ou en nature (1).

Les préfets, sous-préfets et maires, exercent une surveillance spéciale sur les routes de leurs départemens, de leurs arrondissemens ou de leurs communes. Les ingénieurs des ponts et chaussées sont chargés de diriger eux-mêmes, ou de faire diriger par leurs conducteurs, l'exécution de tous les travaux.

On distingue dans l'entretien des routes, la fourniture des matériaux qui est donnée à l'entreprise; leur emploi et les travaux d'entretien qui sont faits à la journée par des cantonniers *stationnaires* (2), qu'on appelle ainsi pour les distinguer des cantonniers *adjudicataires* établis en 1811. Les cantonniers stationnaires se tiennent sur les routes depuis le lever jusqu'au coucher du soleil, et sont constamment occupés à distribuer les matériaux sur les points où la chaussée a perdu son bombement ou son épaisseur, à faciliter l'écoulement des eaux, à dresser les accotemens, à enlever les boues, à combler les ornières; ils sont tenus en outre de prêter assistance aux voi-

(1) Loi du 28 juillet 1824.

(2) On doit la première institution des cantonniers, ou manœuvres stationnaires, aux états du Mâconnais. (De Fer, ouvrage cité, pages 440-467.

turiers et aux voyageurs, de rendre compte des délits dits de grande voierie, de donner avis aux maires et à la gendarmerie de tout ce qui peut intéresser la sûreté et la tranquillité publiques.

Les routes militaires ont pour objet principal de servir de passage aux troupes ou de faciliter les manœuvres de celles qui sont chargées de la défense d'une frontière.

L'ordonnance de 1778 prescrit de donner aux chemins que suivent les colonnes, 10 mètres de largeur, et même 16 s'il est possible.

Une largeur de 2,60 suffit, au besoin, dans les parties en ligne droite d'une communication qui doit être parcourue par des voitures. Une largeur plus grande est nécessaire dans les tournans, pour le déploiement des attelages. *Voyez* page 9.

Du Profil et du Tracé des Routes.

En pays de plaine, la chaussée avait autrefois pour profil un arc de cercle dont la flèche était le $\frac{1}{12}$ au plus, et le $\frac{1}{24}$ au moins de la demi-largeur de la chaussée. Le profil de chaque accotement était formé par une droite, prolongement de la corde d'un des demi-arcs de la chaussée. L'inclinaison des accotemens variait par conséquent du $\frac{1}{12}$ au $\frac{1}{24}$ de leur largeur; on donnait le *maximum* dans les terres fortes, et le *minimum* dans les terres légères. En général, la pente des accote-

mens est plus forte que celle de la route dans le sens longitudinal; les lignes de plus grande pente, dans le cas contraire, couperaient très-obliquement la direction des routes; de fortes dégradations devraient par conséquent être produites par les eaux pluviales. C'est aussi pour éviter cet inconvénient qu'on a rendu convexe la surface des chaussées. Cependant, lorsque la convexité excède celle qui répond au *minimum*, les voitures ont trop peu de stabilité. Aujourd'hui que leur nombre est beaucoup plus considérable qu'autrefois, et que l'on attache une plus grande importance à la rapidité du roulage, la flèche de l'arc des chaussées a été réduite au $\frac{1}{50}$ de ce même arc (1). Dans cette hypothèse, on aura :

Pour la largeur des chaussées	6,66	6	5
Pour la flèche	0,13	0,12	0,10

Le tracé des routes dans les pays de plaine ne présente aucune difficulté; on détermine les alignemens au moyen des points par lesquels la route doit passer, et on raccorde ces alignemens par des arcs de cercle ou par des portions de paraboles que l'on trace de la manière suivante :

Soient (*fig.* 5) deux alignemens donnés et représentant les axes de deux portions d'une même route, amb l'arc de cercle qui doit les raccorder, $a'a''$ la largeur de la route, $a'm'b'$ et $a''m''b''$

(1) Rondonneau, *Lois adminis. de la France.* Paris, 1826, tome V, page 92.

les projections de deux arcs de cercle concentriques au premier, et servant de limites à la route. La courbure de ces arcs doit être telle, que les voitures restant sur la chaussée, les plus longs attelages puissent tourner, sans cesser d'exercer toute leur force de traction.

Pour que cette condition soit remplie (1), ml tangente à l'arc amb, rencontrant au point f l'arc $a'm'b'$, il faut que la partie mf de cette tangente ne soit pas moindre que la plus grande longueur des systèmes qui se meuvent sur la route. Appelant R le rayon de l'arc amb, l la largeur de la route, et L la plus grande longueur des systèmes ou des attelages qui la parcourent, on aura dans le triangle mfo,

$$\overline{fo}^2 = \overline{mf}^2 + \overline{mo}^2 \text{ ; et en substituant}$$

$$(R+\tfrac{1}{2}l)^2 = L^2 + R^2 = R^2 + Rl + \tfrac{1}{4}l^2$$

$$\text{d'où } R = \frac{L^2 - \frac{1}{4}l^2}{l}$$

Si l'on suppose que le point m se trouve au milieu de l'arc amb, le rayon mo prolongé passera par le point S, et l'on aura dans le triangle Sao,

$$Sa : ao :: \cos. aSo : \sin. aSo\,;$$

$$\text{d'où } Sa = \frac{ao \cos. aSo}{\sin. aSo} - \frac{R}{\text{tang. } aSo}$$

Faisant, par exemple, $L = 16$ mèt., $l = 12$ mèt., $aSo = 60^{\circ}$, on trouvera $R = 18^{m},33$, $Sa = 10^{m},58$.

---

(1) Collection lithographiée des ponts et chaussées, article de M. Robiquet.

Pour tracer par points l'arc de cercle *AMB* (*fig.* 6), on déterminera les points de rencontre des alignemens *SA* et *SB* avec des droites, telles que *B*3, *B*2, *B*1, *A*1, *A*2, *A*3, qui divisent en un même nombre de parties égales les angles égaux *SAB* et *SBA*. On suit la série naturelle des nombres 1, 2, 3, etc., pour marquer, à partir du point *S*, les points de rencontre sur *SB*, et la série inverse pour marquer les points correspondans sur *SA*. Il est facile de voir que les points d'intersection des droites *A*1 et *B*1, *A*2 et *B*2, *A*3 et *B*3, appartiendront à l'arc de cercle.

Si les points *A* et *B* étaient éloignés inégalement du point *S*, il faudrait employer plusieurs arcs de cercle de rayons différens.

La parabole a cet avantage sur le cercle que sa courbure diminuant graduellement à partir du sommet, elle se raccorde mieux avec les alignemens. Son tracé d'ailleurs est sur le terrain d'une exécution plus facile. Soient (*fig.* 7) *CS* et *DS* les deux alignemens, il s'agit de tracer une parabole assujettie à leur être tangente aux points *A* et *B*. Les lignes *SA* et *SB* sont divisées en un même nombre de parties égales. On se sert de la série naturelle des nombres pour marquer à partir du point *S* les points de division de la ligne *SB*, de la série inverse pour marquer les points de division de la ligne *SA*. On joint par des droites les points de même cote. Ces points déterminent par leurs intersections, les sommets

d'un polygone 1, m, n, p, 5 (1), aux côtés duquel la parabole cherchée doit être tangente. Les points de contact répondent aux milieux des côtés du polygone.

Dans la pratique, on fait passer la courbe de raccommodement par les sommets du polygone. Cette courbe est une parabole, mais elle n'est point tangente aux alignemens en A et B.

La connaissance du tracé des courbes de raccordement peut servir à rapporter les routes avec exactitude sur les cartes des levers à vue. Elle est nécessaire aux officiers chargés de tracer en campagne une route ou une communication quelconque. Les difficultés sont pour eux d'autant plus grandes, que la nature et la forme du terrain ne sont pas les seules données qui déterminent la direction des routes militaires. Dans le cas, par exemple, où une route devrait aboutir à un pont défendu par des ouvrages ennemis, il faudra la tracer de manière qu'elle ne fût en aucune de ses parties enfilées par le feu de ces ouvrages.

De la Construction des Chaussées.

On emploie pour la construction des chaus-

---

(1) Chaque tangente est divisée en parties égales par le système de toutes les autres. *Voyez* le Mémoire intéressant de M. Brianchon, sur les courbes de raccordement. *Journal de l'Ecole polyt.*, 19e cahier, page 197.

sées beaucoup de méthodes différentes ; nous ne ferons connaître que celles qui sont le plus en usage.

Chaussée en pavé. (Fig. 1re.)

La pierre dont on se sert de préférence pour la construction de cette espèce de chaussée est le grès dur. L'expérience a appris que pour offrir une résistance convenable, les pavés devaient être équarris et présenter sur toutes leurs faces un carré de deux décimètres de côté. On les établit sur un lit de sable normalement à la surface de la chaussée, par rangées alignées et à joints recouverts. Le lit de sable qu'on appelle *forme* doit avoir environ 0m,16 d'épaisseur. Au besoin 12 centimètres suffisent. Le profil de l'encaissement qui reçoit la forme est un arc de cercle concentrique à celui du cercle de la chaussée.

Si la route est faite en remblai, il faut bien damer les terres ou attendre qu'elles soient rassises. On pose d'abord les deux rangées extrêmes qui sont formées des pavés les plus gros et qu'on appelle bordures. On frappe tous les pavés avec la hie, on s'assure que leur surface supérieure est conforme au profil, puis on étend sur la surface de la chaussée une couche de sable de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, pour garnir les joints qui ne doivent pas avoir plus de 14 millimètres de largeur.

L'épaisseur totale de la forme, du pavé et de la couche de sable est de 38 à 39 centimètres.

Les chaussées en pavés bien équarris offrent au roulage une surface plus unie, et un fond plus solide que les chaussées en empierrement. On les préfère à celles-ci pour l'abord des grandes villes et pour la traversée des villages. Lorsque la pierre est trop tendre pour être durable, on ne fait pas la dépense de la taille. Aux abords de Lyon, les chaussées sont pavées en gros cailloux.

Chaussée française en empierrement. (Fig. 2e.)

La construction de cette chaussée qui est en France la plus en usage, exige beaucoup de soin. Il est important de se conformer aux principes et aux règles qui déterminent la formation de l'encaissement, le choix et la pose des bordures, la disposition relative des pierres, en raison de leur grosseur, de leur dureté, et de la nature de leur composition qui les rend plus ou moins susceptibles de résister au poids des voitures et aux injures de l'air.

L'empierrement se compose ordinairement de trois couches comprises entre deux bordures dont on ne doit voir qu'une arète parallèle à l'axe de la route et séparant l'accotement de la chaussée. Les trois couches ont une épaisseur totale de 0m,40. L'épaisseur de la première est de 0,24, celle de chacune des deux autres de 0,08.

Des moellons posés de champ à la main, et de manière qu'il y ait peu de vides, composent la première couche qui peut être considérée comme la fondation de la chaussée; on fait la seconde couche avec des pierres très-dures cassées à la masse, et réduites à la grosseur d'un cube de 4 centimètres de côté. Enfin la troisième est formée de gros graviers, ou, ce qui est préférable, de pierres dures et siliceuses cassées au marteau, et divisées en cubes de 27 millimètres de côté. On se sert d'une pelle de fer pour jeter successivement entre les bordures les matériaux des deuxième et troisième couches. On arrange les matériaux de la troisième avec un rateau à dents de fer; le fond de l'encaissement peut être plat ou convexe. La route terminée, on doit, pendant quelque temps, veiller avec soin à ce que la surface de l'empierrement n'éprouve pas d'altération. Pour que cette condition soit remplie, on exige des cantonniers qu'ils fassent journellement les rechargemens nécessaires, qu'ils régalent les aspérités, rabattent les bourrelets et comblent les ornières à mesure qu'elles se forment. L'expérience prouve qu'en suivant exactement ces procédés, on obtient une chaussée solide et durable.

On peut aussi employer, pour la formation de la première couche, des dalles ou pierres plates de 16 centimètres d'épaisseur.

Lors même que la route est tracée sur le

roc (1) l'empierement est encore nécessaire, mais on peut se dispenser d'établir la première couche.

Chaussée anglaise en empierrement, dite à la Mac-Adam. (Fig. 3e.)

Les routes en Angleterre sont généralement plus étroites qu'en France. Leur largeur varie seulement de 6 à 9 mètres, elles sont entièrement empierrées ou cailloutées.

Des trottoirs également cailloutés règnent des deux côtés de la route ou d'un côté seulement. Au-delà des trottoirs, se trouvent des haies ou des fossés qui leur sont parallèles. Les eaux de la route passent sous les trottoirs en suivant des aqueducs. La flèche du profil de la chaussée est égale au soixantième de la largeur.

M. Mac-Adam pense que le sol naturel, lorsqu'il est sec et suffisamment compact, peut sans être enfoncé porter le poids des voitures les plus lourdes, que l'objet de la chaussée est de maintenir le sol dans cet état en le garantissant de la pluie et de l'humidité; que lorsqu'on construit une chaussée avec des matériaux de dimen-

(1) (Busson-Descars, *Essai sur la cubature des terrasses*. Paris, 1818, page 51.) « J'ai fait construire autrefois un chemin sur un rocher fort dur; une fois qu'il y eut des ornières, les roues des voitures coururent le risque de se briser, et je fus obligé de faire creuser dans le rocher un encaissement de 27 cent. de profondeur, pour y former un empierrement. »



sions différentes, les plus grosses pierres sont sans cesse ramenées à la surface par la pression des roues. Il réduit à 18 centimètres l'épaisseur de l'empierrement, et emploie depuis le fond jusqu'à la surface de la chaussée des pierres à peu près de même grosseur (5 à 6 centimètres en tous sens), et dont le poids est de 0,$^{kilog.}$17. Les pierres sont jetées à la pelle par couches successives. Chaque couche est étendue uniformément avec un rateau. Ce travail exige du soin, il doit être fait par portions (1). La solidité est d'autant mieux garantie que les points de contact sont plus multipliés; sous ce rapport on préfère aux cailloux roulés les pierres de forme anguleuse. Plusieurs routes en France doivent être construites d'après ce système.

Chaussées en rondins. (Fig. 4e.)

Les chaussées en rondins sont communes en Pologne et dans les pays où les pierres sont rares et où le bois abonde. On en a exécuté une dans le département des Landes.

Après avoir aplani le sol sur une largeur de 6 à 8 mètres, on y établit 3 ou 4 cours de longrines sur lesquelles on pose des rondins jointifs. Ces rondins sont maintenus en place par deux autres

(1) Ces détails sont extraits à peu près textuellement d'une *Instruction* de M. le préfet du Loiret, *sur les chemins vicinaux et communaux*.

cours de longrines brèlées avec les premières. Enfin on charge cette chaussée d'une couche de gravier ou de sable.

De quelques ouvrages accessoires.

Ces ouvrages sont les plantations, les bornes milliaires, les poteaux indicateurs, quelquefois des fontaines et des abreuvoirs.

Les plantations règnent des deux côtés de la route et au-delà des fossés. Elles ne font point partie du domaine de l'Etat.

Les bornes milliaires servent à faire connaître exactement la distance d'un lieu à un autre. Elles étaient autrefois placées de mille en mille toises. Les nouvelles bornes kilométriques sont séparées par des intervalles de mille mètres. Chaque dixième borne comme marquant un myriamètre a de plus grandes dimensions que les autres.

Les poteaux indicateurs se placent sur tous les points où viennent aboutir deux ou plusieurs routes. Leur utilité fait regretter qu'en France on ne les ait pas assez multipliés. Ils servent en temps de guerre à déterminer la direction des colonnes (1).

(1) On plante aussi quelquefois des poteaux auprès des ponts, pour indiquer leur position : cette précaution est surtout nécessaire en campagne, dans les pays coupés de ruisseaux et de canaux.

Dans les pays de montagnes où il tombe beaucoup de neige, les routes sont jalonnées par des perches plus ou moins élevées.

Des routes en pays de montagnes. (Fig. 11.)

Les rampes au $\frac{1}{7}$ ou de $0^{m},14$ par mètre sont les plus raides que puissent monter les voitures chargées. On doit même regarder comme rapides les inclinaisons au $\frac{1}{12}$ et au $\frac{1}{14}$, qui cependant sont très-communes en France. Autrefois, les avantages d'une pente assez douce, pour qu'il soit inutile d'employer des chevaux de renfort, n'étaient point appréciés : on évitait surtout les changemens de direction sans lesquels les routes en pays de montagnes sont toujours difficilement praticables. De là cette fréquence des longues montées en ligne droite et des descentes qui leur succèdent. Aujourd'hui, la pente des routes que l'on ouvre en pays de montagnes n'est que de cinq centimètres par mètre ou $\frac{1}{20}$; ce qui rend inutiles les chevaux de renfort. On cherche même à la réduire à 0,04 par mètre ou au $\frac{1}{25}$, pour que les routes alors puissent, dans les montées, être parcourues au trot par les chaises de poste et les diligences.

Dans les pays de hautes montagnes, peu de routes sont praticables pour les voitures; presque tous les transports se font à dos de mulets par des sentiers étroits et rapides qui ne méritent pas le nom de routes. D'après les observations

de Saussure (1), la pente de ces sentiers, pour qu'ils soient accessibles aux mulets chargés, ne doit pas excéder celle que mesure l'angle de 29 degrés, ou 0,55 par mètre. Dans le passage du Saint-Gothard, l'inclinaison des rampes du côté de la Suisse varie de 0,10 à 0,35 par mètre. Les rampes sont encore plus raides du côté de l'Italie.

La pente de 0,75 par mètre, qui répond à un angle de 37 degrés, est regardée comme la limite de celle que les hommes peuvent gravir sans le secours des mains.

On emploie pour raccorder les alignemens en pays de montagnes, des méthodes semblables à celles qui ont été décrites plus haut. Les portions de routes où se fait le raccordement doivent avoir une pente douce et offrir des paliers sur lesquels les voitures puissent s'arrêter sans danger.

Le profil des routes en pays de montagnes varie suivant qu'elles sont construites entièrement en déblai ou en remblai, ou partie en déblai et partie en remblai. Le premier cas se présente surtout dans les rampes dont la direction est à peu près celle des lignes de plus grande pente ; le deuxième dans la traversée des terrains bas et humides, le troisième dans les chemins tracés à

(1) *Voyage dans les Alpes*, tome III, page 261, §. 774. Saussure ajoute que les mulets non chargés montent des pentes beaucoup plus raides.

mi-côte. En général, la largeur des routes en pays de montagnes est moindre que celle des routes en pays de plaines. Elle est communément de 10 mètres, quelquefois de 8 seulement. Dans les hautes Alpes on la réduit à 6 mètres, et même à 5 mètres dans quelques parties. Autrefois, lorsque la route était entièrement en déblai, on supprimait les fossés par économie. Une chaussée concave et pavée offrait vers son milieu un écoulement pour les eaux. Cette méthode qui avait des inconvéniens est aujourd'hui presque abandonnée. Les routes à mi-côte peuvent être construites, soit d'après le profil général modifié, soit d'après un profil particulier qui leur est propre, et qui est connu sous le nom de profil *en revers* (*fig.* 9).

Les modifications à faire subir au profil général consistent à supprimer purement et simplement le fossé de l'accotement qui est en remblai, ou (*fig.* 10) à supprimer ce fossé et incliner en outre l'accotement dans un sens opposé à celui de la pente naturelle du terrain, de manière qu'une rigole se trouve comprise entre cet accotement et la chaussée. De distance en distance les eaux de cette rigole sont détournées dans des conduits obliques destinés aussi à recueillir les eaux des ornières, qui, si elles étaient libres, sillonneraient la route dans le sens de sa direction, et la dégraderaient promptement. Ces conduits se nomment *cassis obliques* (*fig.* 8); ils ont une inclinaison telle que les eaux peuvent s'é-

couler avec facilité. Ils ne sauraient être tracés perpendiculairement à la direction de la route, parce qu'ils opposeraient aux voitures un obstacle difficile à franchir.

Sur les routes en revers, on trace ordinairement les cassis obliques suivant les lignes de plus grande pente de la surface de ces routes, pourvu toutefois que la direction de ces lignes ne coïncide pas avec la diagonale du parallélogramme que forment les points d'appui opposés des voitures à quatre roues, parce que, si cela avait lieu, une roue de devant et une roue de derrière se trouveraient en même temps engagées dans le cassis.

On appelle *cassis perpendiculaires* ceux que l'on construit pour le raccordement de deux pentes en sens opposés. On leur donne depuis 3 jusqu'à 6 mètres d'ouverture, et $\frac{1}{18}$ de flèche.

Les eaux du cassis se jettent dans le fossé qui sert de limite à l'accotement en déblai. De ce fossé elles sont portées dans la vallée par des aqueducs voûtés ou couverts en pierres plates, et que l'on pratique sous les routes à mi-côte.

Dans les profils en revers (*fig.* 9), le profil de la route est une droite inclinée au $\frac{1}{20}$ ou au $\frac{1}{24}$ vers l'escarpement du déblai au pied duquel règne le fossé destiné aux eaux pluviales.

Le profil des cassis obliques (*fig.* 8), diffère peu d'un arc de cercle dont la corde a 4 mètres de

longueur, et la flèche 20 centimètres. Le fond est ordinairement pavé. On forme quelquefois sur le bord vers lequel les eaux tendent à s'écouler, un bourrelet en empierrement de 7 à 8 centimètres de relief. La flèche du cassis peut alors être moindre de 20 centimètres. Dans les montées, le bourrelet, lorsque les voitures l'ont franchi, s'oppose au mouvement rétrograde que la pente tend à leur imprimer.

Ce profil très-simple se rencontre fréquemment; l'axe étant en ligne droite, la surface de la route est entièrement plane. La chaussée en occupe ordinairement le milieu, excepté dans les pentes très-rapides, où il n'y a d'accotement que du côté du déblai. Lorsque ce cas se présente, les voitures qui montent, cheminent sur la chaussée; celles qui descendent, suivent l'accotement. Pour les routes construites entièrement en remblai, on adopte également, suivant les cas, le profil ordinaire et le profil à revers.

Lorsqu'on veut assurer une longue durée aux routes en pays de montagnes, on soutient les remblais au moyen de murs dits de *soutenement.* Ces murs sont construits en maçonnerie ou en pierres sèches. On leur donne un grand talus; un parapet en maçonnerie ou un garde-fou en bois prévient les accidens. Cette précaution est surtout nécessaire dans les tournans, où par suite de l'impulsion donnée dans le sens des tangentes, les voitures tendent à s'écarter de

la route : une forte haie ou un trottoir peuvent remplir le même objet.

En temps de guerre, la destruction des murs de soutenement suffit souvent pour rendre une route impraticable. En 1808, les Espagnols employèrent ce moyen pour fermer aux troupes françaises l'accès de Barcelonne, par la route qui suit les bords de la mer.

DEUXIÈME PARTIE.

DES CHEMINS EN FER.

Sur les routes cailloutées, avec quelque soin qu'elles soient entretenues, le frottement, surtout dans les mois pluvieux de l'année, est très-considérable. Il est beaucoup moindre sur les routes pavées ; mais la fréquence des chocs qui s'y produisent fatigue les chevaux et détruit promptement les voitures. Ces inconvéniens ont depuis long-temps fait naître l'idée (1) de modifier les routes et de leur substituer des surfaces à la fois dures et polies. Des chemins en fer remplissent cette double condition. Sur ces chemins, le frottement de l'essieu est presque le seul que le moteur ait à vaincre. Aussi l'expérience a prouvé que les poids qu'une certaine force pourrait mettre en mouvement sur un chemin en fer et sur une route ordinaire, étaient entre eux, lorsque la pente était nulle, dans le rapport de 8 à 1. Or, la force moyenne de l'homme est à peu près la septième partie de celle du cheval. On peut

(1) A Florence, depuis long-temps, la partie du pavé sur laquelle s'appuient les roues est revêtue de marbre, celle que foulent les chevaux est construite en pierre commune.

donc considérer un homme et un cheval comme devant traîner le même poids, le premier sur une route en fer, le second sur une route ordinaire.

Un chemin en fer qui présenterait une surface métallique, dont la largeur égalerait celle du chemin lui-même, serait inexécutable, en raison des dépenses qu'exigerait sa construction. Les chevaux d'ailleurs ne pourraient y tirer avec facilité. Aussi doit-on se borner à revêtir de bandes de fer les zones étroites et parallèles, sur lesquelles se meuvent les roues. Ces bandes se nomment *ornières*. Deux ornières forment une voie. La largeur de chaque voie a pour mesure celle des voitures auxquelles le chemin est destiné. Il y a des chemins en fer à une voie et à deux voies. Sur les premiers, des ornières qui s'embranchent avec celles de la voie principale, et que l'on nomme *tourne-hors*, permettent aux voitures de se croiser. Une chaussée en gravier sépare les deux ornières de chaque voie. Un chemin en fer à deux voies n'a pas de tourne-hors.

Il y a des ornières de deux espèces : les unes *plates* et à rebords, les autres étroites, un peu convexes et sans rebords. Sur ces dernières, appelées *ornières saillantes*, les roues elles-mêmes ont des rebords qui maintiennent les voitures sur la direction qu'elles doivent suivre. La terre et le gravier s'amassent beaucoup moins sur les ornières saillantes et sans rebords que sur les

autres. Sous ce rapport elles leur sont préférables.

En Angleterre, les machines à vapeur sont au nombre des moteurs à l'aide desquels on exécute les transports sur les chemins en fer. On y distingue les machines à vapeur locomotives, et les machines à vapeur fixes ou stationnaires. Les premières sont placées sur des voitures dont les roues dentées engrènent avec des crémaillères qui règnent sur toute la longueur qui doit être parcourue. En imprimant un mouvement à ces roues, la vapeur fait avancer les voitures auxquelles sont attachés des chariots de transport. Les machines stationnaires sont établies de distance en distance, et font mouvoir des tambours sur lesquels s'enroulent de longues cordes qui tirent les chariots.

Les ornières sont construites avec du fer forgé ou coulé. Le fer forgé a quelques avantages sur la fonte. Il est moins cassant, et sa surface présente moins d'aspérités. La fonte toutefois est plus généralement employée ; elle coûte moins et résiste plus long-temps, dit-on, à l'action de l'air et de l'eau. Les roues des chariots sont aussi en fonte.

La largeur des ornières plates est de 0,10, y compris le rebord dont la largeur est de 2 centimètres, et la hauteur de 5. Celle des ornières, dites *étroites* ou *saillantes*, n'est que de 0,054. Les roues à rebord ont une largeur de 0,10, y

compris celle du rebord qui est de 2 centimètres. Ce rebord a 2 centimètres de saillie.

La longueur des barres dont se compose une ornière est de 1,20; leur épaisseur est de 0,08 aux extrémités, et de 0,14 au milieu. (*Voyez fig.* 14.) Il y a plusieurs manières d'assembler les barres. Les *figures* 12, 13 et 14 représentent celle qui a été adoptée dans la construction du chemin en fer qui conduit de Saint-Etienne à Andrézieux sur la Loire. Ce chemin est à ornières saillantes, et n'a qu'une voie.

X représente un parallélipipède ou dé en pierre, dont la base a 0,40 de longueur, 0,25 de largeur, et dont la hauteur est de 0,30. Deux trous de 0,02 au plus de diamètre, et profonds de 0,2 environ y sont creusés. Chaque trou reçoit une cheville en bois de chêne, chassée avec force et arrasée avec la surface supérieure du parallélipipède.

Y figure une pièce en fonte que l'on appelle *siége* ou *support* des barres. Deux trous pratiqués dans la base du siége répondent à ceux du parallélipipède, en sorte qu'au moyen de clous enfoncés dans les chevilles en bois, le siége et le dé sont unis solidement.

Le siége présente deux saillies entre lesquelles sont assujéties les barres de fer qui portent les roues des chariots. Les saillies et les barres sont percées de trous qui reçoivent des boulons à clavettes. Ces boulons ont pour double objet de

fixer les barres sur les siéges, et d'unir les barres entre elles.

On établit les dés sur un lit de gravier fin. Les ornières sont presque jusqu'au niveau de leur surface supérieure, enterrées dans une tranchée qu'on remplit de gravier ou de cailloux brisés. Leur relief au-dessus de la surface du chemin n'excède pas 5 centimètres. Presque toujours le tassement des terres produit dans l'assiette des dés et des ornières quelques dérangemens auxquels il faut remédier.

La voie des chariots étant de 1,50, la largeur des accotemens et celle des fossés pouvant être réduites à 1 mètre, la largeur totale d'un chemin en fer à une voie peut être évaluée à 5,50, et ne doit pas excéder 6 mètres. Celle d'un chemin en fer à deux voies peut varier de 8,20 à 8,70. La différence 2,70 se compose de 1,50 largeur d'une voie, et de 1,20 intervalle de deux communications.

Dans les chariots qu'on emploie sur les chemins en fer, les essieux font corps avec les roues et tournent avec elles. Cette disposition ne permet pas que la voie des chariots change. Mais les caisses ont du jeu sur les essieux. Les roues des chariots, à Saint-Etienne, ont 0,70 de diamètre. Le diamètre des essieux est de 0,054. Chaque chariot pèse 800 kilogrammes. Le chargement des chariots est ordinairement de 2000 kilogrammes; il ne doit pas excéder 3000 kilog.

Un cheval en traîne plusieurs; sa charge est en général déterminée par l'inclinaison du chemin qu'il parcourt. De Saint-Etienne à Andrézieux, la route étant constamment en pente descendante, un seul cheval traînera 5 à 6 chariots.

Les chemins en fer construits en pays de montagne se composent de plusieurs parties dont la pente est insensible, et qu'unissent des plans inclinés plus ou moins raides, sur lesquels les chariots s'élèvent à l'aide de machines. On évite ainsi le développement trop considérable qu'il serait nécessaire de donner aux chemins pour adoucir les pentes, de telle manière que les chevaux qui traînent un certain poids sur une partie de chemin horizontale, pussent, sans une fatigue excessive, l'élever sur les parties inclinées.

Le rapport des plans inclinés à leur base ne devrait pas excéder $\frac{1}{200}$ (1) sur les routes où les

(1) Navier, *de l'Etablissement d'un chemin en fer entre Paris et le Havre*, Paris, 1826, pages 10, 14 et 17. Un bon cheval de voiture, sur un chemin en fer de niveau et à ornières saillantes, traîne un poids de 8,000 kilogrammes, et parcourt en huit heures une distance de 32 kilomètres. Dans le même temps, et avec le même effort, il élèverait de 32 kilomètres un poids de 80 kilogrammes. Il pourrait élever avec la même vitesse un poids de 120 kilogrammes, mais il ne serait capable de l'effort nécessaire que pendant un temps peu considérable. Or, lorsqu'un poids est placé sur un plan incliné dont la base est à la hauteur :: n : 1, la pression qui s'exerce perpendiculairement au plan est à la force qui solli-

chariots se mouvraient dans l'un comme dans l'autre sens. Le chemin dont nous avons fait mention étant presque exclusivement destiné à l'exportation des charbons de terre de Saint-Etienne, les voitures qui retourneront vers cette ville seront vides ou peu chargées. La pente peut donc sans inconvénient excéder $\frac{1}{100}$. Mais si elle était plus raide que $\frac{1}{60}$, il faudrait enrayer dans les descentes; telle est la limite des pentes admises dans le tracé de ce chemin.

La nécessité d'adoucir les pentes des chemins en fer, oblige de changer fréquemment leur direction. Les courbes de raccordement sont des arcs de cercle de 75 à 100 mètres de rayon, auxquelles on substitue, dans l'exécution, des polygones réguliers dont les côtés ont une longueur de quelques centimètres. La résistance qu'oppose au rebord du chariot l'ornière qui répond au plus grand cercle, l'emporte sur celle de l'ornière opposée. Pour diminuer l'inégalité, les constructeurs (1) du chemin en fer de Saint-

cite le poids à descendre :: n : 1. Supposons la pression égale au poids même de 8,000 kilogrammes que le cheval peut traîner sur une route de niveau, la force qui sollicitera le chariot à descendre sera égale à $\frac{8{,}000}{n}$; elle doit être détruite par l'excédant d'effort dont le cheval est capable pendant un temps peu considérable; ainsi, on doit avoir $\frac{8{,}000}{n} = 120 - 80 = 40$; d'où $n = 200$.

(1) Les travaux sont dirigés par M. Beaunier, inspecteur général des mines.

Etienne ont imaginé d'exhausser l'ornière extérieure. Cette disposition offre, outre l'avantage que nous venons d'indiquer, celui de donner dans les tournans plus de stabilité aux voitures.

TROISIÈME PARTIE.

DES RIVIÈRES ET DES CANAUX CONSIDÉRÉS COMME LIGNES DE COMMUNICATIONS MILITAIRES.

Des points où commencent le flottage en trains et la navigation sur les rivières.

Les rivières peuvent être considérées comme lignes de communication, lorsqu'elles sont flottables en trains ou navigables. Pour être flottable en trains, un cours d'eau doit avoir au moins 0,65 de profondeur. La largeur des trains est de 4 mètres environ. Le tirant d'eau des plus petits bateaux dont on se sert pour la navigation fluviale étant de 0,60 environ pour le *minimum* de charge, une rivière ne peut être regardée comme navigable que dans la partie de son cours où sa profondeur est au moins d'un mètre.

Les cours d'eau sont compris dans le domaine public, à partir des points où commence, soit la navigation, soit le flottage et trains. De là les droits qu'au-dessous de ces points les gouvernemens imposent aux trains et aux bateaux.

Dimensions des bateaux.

On évalue communément en tonneaux le chargement des bateaux de rivières et celui des bâti-

mens qui tiennent la mer. Le tonneau métrique représente le poids d'un mètre cube d'eau, ou 1000 kilogrammes, ou 10 quintaux métriques. L'ancien tonneau équivalait à 2000 livres ou 979 kilogrammes. Le tonneau anglais = 1016 kilogrammes.

Les bateaux de moyennes dimensions ont de 25 à 30 mètres de longueur et de 3,50 à 5 mètres de largeur. Leur tirant d'eau, et par conséquent leur chargement doit varier avec la profondeur des rivières qui n'est pas la même dans toutes les saisons. Le tirant d'eau est de 0,60, 1,30, 1,60 au plus On peut évaluer le minimum du *chargement* à 40 tonneaux, et le *maximum* à 200.

La longueur des plus petits bateaux est de 10 mètres environ, leur largeur de 2 mètres; leur chargement moyen est de 10 tonneaux.

Les plus grands bateaux ont une longueur de 50 mètres et une largeur de 10 mètres. Ils peuvent porter jusqu'à 500 tonneaux. Leur nombre est peu considérable.

De la navigation naturelle des rivières.

La navigation naturelle ne suppose la construction d'aucun ouvrage d'art. Elle est plus ou moins difficile pour les bateaux qui remontent suivant la pente et la rapidité du courant. On ne peut remonter avec le secours de la voile seule les rivières dont la pente est de plus de 5 centimètres pour 100 mètres, $\frac{1}{2000}$. Le halage est

alors nécessaire. Au moyen d'un nombre suffisant d'hommes ou de chevaux, on peut remonter les rivières les plus rapides; mais les transports y sont très-dispendieux (1). Sur la Seine, de Rouen à Paris, un cheval suffit pour le transport de 32 $\frac{1}{2}$ tonneaux. Sur le Rhône, d'Avignon à Lyon, le halage est lent et difficile, et le poids que traîne un cheval n'excède pas 7 $\frac{1}{2}$ tonneaux. La pente de ce fleuve entre Lyon et Valence est de $\frac{1}{2500}$, entre Valence et Avignon de $\frac{1}{1400}$; mais la vitesse ne croît pas dans la même proportion. Il faut l'attribuer au grand nombre d'îles qui, à partir de Valence, occupent son lit et ralentissent son cours (2).

La vitesse moyenne du Rhône, lorsque le niveau des eaux est de 0,50 au-dessus de l'étiage, peut être évalué à 2 mètres par seconde. Celle de la Seine varie de 0,50 à 0,80 par seconde, suivant la hauteur des eaux. La pente de ce dernier fleuve est de $\frac{1}{10000}$ entre Paris et Rouen.

Le plus grand inconvénient qu'offrent les cours d'eau comme lignes de communication, résulte de la variation de leur niveau. Dans quel-

(1) On ne remonte pas les rivières dont la pente excède $\frac{1}{500}$. Pour que la navigation soit aisée, il faut 1 mètre de pente par distance de 4,000 mètres; terme moyen. (*Œuvres de Gauthey*, tome III, pages 228 et 285.)

(2) Société en commandite par actions de MM. Séguin et compagnie, pour remplacer les chevaux de halage sur le Rhône, etc. 1825.

ques-uns, cette variation est telle qu'ils ne sont navigables ni à l'époque des crues, ni à celle des sécheresses. Cette considération a fait naître l'idée d'établir une navigation artificielle sur des canaux creusés par la main des hommes.

Des Canaux.

Un canal se compose de parties appelées *biefs*, qui sont placées à des hauteurs différentes, mais dans chacune desquelles la pente est à peu près nulle, et le volume des eaux à peu près constant. Cette double propriété rend la navigation facile à toutes les époques de l'année, et dans un sens comme dans l'autre. La différence de niveau entre deux biefs consécutifs est rachetée par une *écluse ;* ouvrage d'art qui offre un réservoir ou *sas* dans lequel on peut faire varier le niveau de l'eau. Cette variation sert à faire passer les bateaux d'un bief dans un autre.

On distingue deux sortes de canaux : les canaux *latéraux*, qu'alimentent des rivières auxquelles leur direction est à peu près parallèle, et les canaux à point ou à bief de partage. Un canal de cette dernière espèce coupe la ligne de partage de deux bassins contigus, et a généralement pour objet d'unir les deux principaux cours d'eau de ces bassins.

Le plus ancien canal dont l'histoire fasse mention, est celui de Suez, qui mettait la Mer Rouge en communication avec le Nil, et par conséquent

avec la Méditerranée. Necho Psamméticus, successeur de Sésostris, Darius et les Ptolémées, y firent successivement travailler; mais on doute que, sous le règne d'aucun de ces princes, il ait été ouvert à la navigation. Des historiens arabes affirment positivement qu'il fut terminé sous le calife Omar, et que, depuis l'an 644 jusqu'à l'an 767, des vaisseaux portèrent à la Mecque les productions de l'Egypte. En 1799, des ingénieurs français en ont reconnu les vestiges et constaté la direction. Il était composé de deux parties : l'une joignait la branche Pélusiaque au bassin des lacs Amers, l'autre se dirigeait de ce bassin vers la pointe septentrionale de la Mer Rouge : on suppose qu'il n'était navigable qu'à l'époque des crues du Nil.

Les premiers canaux à point de partage qui aient été ouverts à la navigation, sont ceux de Briare et du Midi.

Profil des Canaux et étendue des biefs.

La figure 15 présente le profil d'un canal.

La largeur du fond ou plafond est de 10 mètres; en général, elle est plus que double de la largeur des bateaux qui naviguent sur le canal.

La profondeur est supposée de 1,60; elle varie de 1,20 à 2 mètres. Cette dernière profondeur est celle des canaux de la Deule, de la Sensée, du Midi, de la Seine à la Seine à Paris, et de quelques autres. On a établi comme règle que la

profondeur d'un canal devait excéder de 0,32 le tirant d'eau des bateaux qui y naviguent : dans aucun cas, la différence ne doit être moindre de 0,16.

Le talus des terres baignées par les eaux est communément de 1 1/2 de base sur 1 de hauteur. Lorsque les terres sont de mauvaise qualité, la base est double de la hauteur. Dans quelques canaux, le talus est revêtu de maçonnerie en pierres sèches, appelée perré ; dans d'autres, il se compose de deux parties, que séparent des bermes larges de 0,50, et établies au niveau de l'eau.

Sur toute la longueur de chaque canal, on forme, avec les terres provenant des excavations, deux digues plus ou moins élevées : c'est sur l'une d'elles que se fait le halage.

La largeur du chemin de halage est de 3 à 4,50. La partie supérieure de la digue opposée sert de sentier pour les hommes ; sa largeur peut être réduite à 2 mètres. Les talus extérieurs des digues sont en terres roulantes. Au pied de ces talus, règnent des fossés qui en défendent l'accès aux bestiaux, et qui séparent des champs voisins le terrain dépendant du canal.

Lorsqu'un canal doit servir de ligne de défense, on abaisse autant qu'il est possible la digue ou levée située du côté du territoire ennemi. Le relief et l'épaisseur de la digue opposée sont réglés d'après les principes de la fortification. C'est

sur cette dernière digue qu'est établi le chemin de halage.

Les dimensions de chaque bief doivent être telles, qu'on en puisse tirer la quantité d'eau nécessaire pour la montée ou la descente d'un bateau, sans que la profondeur d'eau cesse d'y être suffisante pour la navigation.

Des Écluses.

La *fig.* 16 est le plan d'une écluse; la *fig.* 17 en est la coupe suivant la ligne *M N* du plan.

A est le *sas* ou la chambre de l'écluse; il est séparé des biefs par deux portes busquées; celle d'amont ou du bief supérieur est représentée fermée, et celle d'aval ou du bief inférieur est représentée ouverte; les murs latéraux du sas portent le nom de *bajoyers;* le mur *cd* (*fig.* 17) est dit *mur de chute.* Le fond du sas et celui des biefs sur une certaine étendue, à partir du sas, présentent une aire en béton, en dalles ou en madriers, qui a le nom de *radier.* Le radier du bief inférieur est surtout nécessaire. Le bas des portes appuie contre des buscs *ef* en bois ou en pierres, peu élevés au-dessus des radiers. La saillie des buscs varie du quart au sixième de la largeur des portes.

Les murs *gh*, en amont, sont appelés *épaulemens de défense;* ceux *fl*, en aval, *épaulemens de fuite.* Les murs *lm*, en aval, se nomment *murs en ailes*, et ceux *mn*, *murs en retour* des

ailes. Les murs en ailes peuvent être rectilignes ou circulaires.

Des enfoncemens appelés *enclaves*, et que les vantaux occupent lorsque les portes sont ouvertes, sont pratiqués en amont dans les épaulemens de défense, et en aval dans les bajoyers; enfin, des rainures destinées à recevoir les extrémités de poutrelles que l'on place lorsqu'on enlève les portes, ce qui arrive quelquefois, sont pratiquées dans les épaulemens de défense et de fuite.

La plupart des sas construits dans ces derniers temps sont rectangulaires, et ont 32 mètres de longueur sur 5,20 de largeur; ils ne peuvent contenir qu'un bateau. En général, leur longueur doit être telle, que la porte d'aval puisse s'ouvrir et se fermer lorsque le bateau est entré; il suffit qu'ils aient 0,32 de plus de largeur que les bateaux.

De la Manœuvre pour faire passer un Bateau d'un bief dans un autre.

L'une des deux portes de chaque sas est toujours fermée, tandis que l'autre est ouverte ou fermée. Lorsque la porte du bief supérieur est fermée, et celle du bief inférieur ouverte, l'eau est de niveau dans le sas et dans le bief inférieur. Pour que l'eau du sas et celle du bief supérieur aient le même niveau, il est nécessaire que la porte du bief inférieur soit fermée; celle du bief

supérieur peut être ouverte ou fermée : mais les deux portes doivent être fermées pendant que l'on emplit ou que l'on vide le sas.

Pour emplir le sas, on lève deux vantelles qui masquent deux ouvertures rectangulaires pratiquées dans les vantaux de la porte du bief supérieur ; l'eau s'échappe par ces ouvertures, et tombe dans le sas. Lorsqu'un bateau doit passer du bief inférieur dans le bief supérieur, on le fait d'abord entrer dans le sas ; on ferme la porte du bief inférieur ; on emplit le sas, et l'on ouvre la porte du bief supérieur, pour permettre au bateau de continuer sa route. Les choses étant dans cet état, un bateau qui doit passer du bief supérieur dans le bief inférieur, entre dans le sas ; la porte du bief supérieur se ferme, les vantelles de la porte du bief inférieur se lèvent, le sas se vide ; et lorsque l'eau y est au même niveau que dans le bief inférieur, on ouvre la porte de ce bief, et le bateau poursuit sa route.

D'autres moyens ont été mis en usage aux canaux de Briare, du Centre et de Saint-Quentin, pour emplir et vider les sas (1) ; mais celui des vantelles est encore le plus fréquemment employé.

(1) Voyez le savant *Mémoire* de M. Girault, ingénieur des ponts et chaussées, *sur un nouveau moyen d'emplir et de vider les écluses ;* suivi de *Notes sur l'écoulement des fluides*, et de *Considérations sur le développement et la largeur à donner aux courbes des canaux*. Paris, 1825.

On lève et baisse les vantelles à l'aide de petits crics en fer, placés sur les grandes pièces de bois appelées *flèches*, qui surmontent les portes et servent à les manœuvrer.

Les premières écluses à sas ont été construites en Italie en 1481. Les plus anciennes dont on connaisse la construction en France, datent de 1603. Avant l'invention des écluses, la navigation descendante avait lieu comme encore aujourd'hui le flottage : on ouvrait les pertuis pratiqués dans les digues qui séparaient les biefs, et les bateaux suivaient le courant. La navigation montante employait un grand nombre de bras ou des machines pour vaincre le courant dans les pertuis. La différence de niveau des biefs contigus devait être faible ; mais le plus grand défaut de ce moyen, appliqué aux canaux à point de partage, serait la dépense d'eau considérable que nécessiterait le passage de chaque bateau. Dans quelques cas, on établissait entre les biefs des plans très-peu inclinés, appelés *ponts roulans*, parce que le plancher était garni de rouleaux sur lesquels glissaient les bateaux en passant d'un bief dans l'autre.

Sur la dépense d'eau et sur la hauteur de chute des écluses en général.

On appelle *éclusée* la quantité d'eau qui est tirée du bief supérieur pour le passage d'un ba-

teau. Supposons plusieurs écluses dont les hauteurs de chute soient égales; quel qu'en soit le nombre, on ne devra tirer qu'une éclusée du bief le plus élevé pour la montée ou la descente d'un bateau. Il suit de là qu'il est avantageux de multiplier le nombre des écluses pour diminuer la hauteur de chute (1), et par conséquent la dépense d'eau. Mais plus le nombre des écluses est

(1) Dans le cas, par exemple, où la hauteur de chute des écluses serait moindre que le tirant d'eau des bateaux, ceux-ci, *en descendant*, feraient refluer l'eau des biefs inférieurs dans les biefs supérieurs; en sorte que l'on peut concevoir un canal dont la navigation serait alimentée par le bief le plus bas. Cette idée a été développée par M. Girard, ingénieur en chef des ponts et chaussées. (*Ann. de chimie et de physique*, tomes XIV et XVIII.)

Un semblable canal peut être considéré comme une machine destinée à élever l'eau à une hauteur donnée, au moyen d'un poids qui descend de cette hauteur. Le poids employé est au poids de l'eau qui est élevée, comme le tirant d'eau des bateaux est à la différence qui existe entre le tirant d'eau et la hauteur de chute, le sas supposé égal aux bateaux.

« Un bateau devrait, par son abaissement d'une certaine hauteur, élever à cette même hauteur un poids d'eau égal au sien; et réciproquement, l'élévation du bateau d'un bief inférieur dans le supérieur, ne devrait occasioner que la descente d'un poids d'eau égal à celui du bateau, du second bief dans le premier. Les choses se passent bien autrement dans les canaux à écluses ordinaires..... Ce serait donc rendre un grand service à la navigation que de réduire la montée et la descente d'un bateau dans une écluse à cette *équipondération* pure et simple des masses qui donne le *minimum* de dé-

grand, plus les dépenses que nécessitent les radiers, les fondations, les portes, sont considérables; deux écluses de 1,30 de hauteur de chute coûtent plus qu'une écluse unique qui a une hauteur de chute double. Un bateau emploiera 20 minutes à passer les deux premières, et 13 minutes seulement à passer la seconde. Il faut conclure de ces observations qu'on ne doit que jusqu'à un certain point multiplier le nombre des écluses ou augmenter leur hauteur. Les ingénieurs ne font communément varier la hauteur que de 1,30 à 4 mètres.

Une écluse multiple, c'est-à-dire composée de plusieurs sas contigus, a en partie les inconvéniens d'une écluse unique équivalente, dont la hauteur de chute excède une certaine limite; c'est-à-dire que pour la montée d'un bateau, il faut tirer du bief supérieur autant d'éclusées qu'il y a de sas contigus, tandis que si ces sas étaient séparés par des biefs d'une longueur convenable, il ne faudrait tirer qu'une éclusée du bief le plus élevé, pour y faire monter un bateau (1).

Si les hauteurs de chute des écluses étaient inégales, la dépense d'eau pour la montée ou la

---

pense de fluide. » L'écluse à flotteur de M. de Bettancourt résout ce problème. (*Notice* de M. de Prony sur cette écluse, *Journal de l'école polyt.*, 15e cahier, page 147.)

(1) Voyez le tome III des *OEuvres de Gauthey*.

descente d'un bateau serait de même d'une éclusée, dont l'écluse qui aurait la plus grande hauteur de chute déterminerait le volume ; mais si cette écluse n'appartenait pas au bief le plus élevé, ce bief ne contribuerait à la dépense d'eau qu'en raison de la hauteur de chute de son écluse.

Plusieurs bateaux montans ou descendans qui se succèdent, exigent chacun une éclusée pour monter ou pour descendre.

Lorsqu'un bateau descendant succède immédiatement à un bateau montant dans un sas, la même éclusée sert au passage de deux bateaux.

Des canaux latéraux.

On substitue des canaux latéraux aux rivières qui ne sont pas navigables, ou dont la navigation a des inconvéniens qu'on veut éviter. Ces canaux sont composés d'une suite de biefs dont le plus élevé s'embranche sur la rivière ou communique avec elle par un canal de *prise d'eau*. Une écluse de navigation ou un passage éclusé existe à l'embranchement du canal et de la rivière, et permet d'introduire à volonté les eaux de la rivière dans le canal. Le seuil en est établi à une telle hauteur relativement au lit de la rivière, que les eaux de celle-ci passent dans le canal en quantité suffisante pour les besoins de la navigation : mais le plus souvent on n'obtient ce résultat important qu'au moyen d'un barrage plus ou moins élevé,

construit dans la rivière, et en amont duquel on prend les eaux.

Lorsque la rivière coule dans une contrée qui peut être le théâtre de la guerre, il est très-avantageux que le canal latéral soit établi sur la rive que doivent occuper les troupes chargées de la défense. Car s'il l'était sur l'autre rive, l'ennemi maître de la prise d'eau, pourrait, en la fermant, mettre le canal à sec ; en l'ouvrant, il ferait baisser les eaux dans la rivière, ce qui, dans certains cas, la rendrait guéable.

La connaissance du nombre de bateaux qui doivent naviguer sur le canal, soit dans un sens, soit dans l'autre, sert à déterminer la quantité d'eau qui sera dépensée. Si cette quantité doit être plus grande que le volume d'eau débité annuellement par la rivière, on a recours aux moyens dont nous parlerons dans le paragraphe suivant.

Un plan et un nivellement exacts du terrain sont nécessaires pour fixer l'étendue des biefs, la position, le nombre et la hauteur de chute des écluses.

Les canaux d'irrigation sont construits d'après les mêmes principes que les canaux de navigation latéraux ; et quelquefois un canal latéral comme celui d'Aragon en Espagne, sert en même temps à la navigation et à l'arrosement des terres. Mais en général, l'eau dans les canaux d'irrigation a un courant plus ou moins rapide. Le profil de ces canaux a de petites dimensions.

Les canaux de dérivation que l'on construit en campagne pour mettre à sec le lit d'une rivière ou pour la rendre guéable, ont pour les travaux qu'ils exigent quelque analogie avec les canaux latéraux.

Des Canaux à bief de partage.

Un canal qui unit deux rivières ne pourrait être alimenté par l'une de ces rivières que dans le cas assez rare où la ligne de partage qui sépare les bassins de ces rivières aurait peu d'élévation. Ce cas rentre alors dans le précédent.

Mais en général un canal qui unit deux rivières a un bief de partage alimenté par de grands étangs naturels ou artificiels, ou par des rivières dérivées à leurs sources dans des rigoles qui débouchent, soit dans le bief de partage, soit dans les biefs les plus élevés. La première question importante est de déterminer la quantité d'eau qu'exige la navigation.

Si tous les bateaux qui parcourent le canal allaient dans le même sens, il faudrait tirer deux éclusées des biefs de partage pour le passage de chaque bateau; dans cette hypothèse, le volume d'eau qu'il serait nécessaire d'y rassembler serait égal au produit du volume de deux éclusées par le nombre des bateaux. Ce résultat est un *maximum :* en effet, tous les bateaux qui parcourent un canal ne vont pas dans le même sens, des ba-

teaux se croiseront dans les sas, et la quantité d'eau tirée d'un bief, pour y faire monter un bateau, servira à en faire descendre un autre. Mais ces rencontres étant presque toujours fortuites, il devient difficile de calculer exactement le volume d'eau qu'exige la navigation. Quelques auteurs ont proposé de l'évaluer à raison de 1 $\frac{1}{2}$ éclusée par bateau. Il faut tenir compte des pertes causées par les filtrations, et de la quantité d'eau que l'évaporation enlève.

La position du bief de partage, et la hauteur de ses seuils (c'est-à-dire des seuils de ses écluses), laquelle est la même à ses deux extrémités, doivent être telles que l'on puisse y faire arriver aux moindres frais possibles, la quantité d'eau calculée nécessaire pour la navigation. Le point le plus bas de la ligne de partage est en général celui qui satisfait le mieux à cette condition. Mais ce point même est quelquefois trop élevé; la ligne de partage d'ailleurs peut ne présenter qu'une arête à peu près de niveau; l'établissement du bief de partage nécessite alors une tranchée plus ou moins profonde, quelquefois même une percée souterraine. Si l'on ne pouvait pas y amener une quantité d'eau suffisante, on perdrait en grande partie le fruit des travaux qu'on aurait entrepris.

Sur les frontières, et particulièrement dans les pays de plaines, la hauteur des seuils des biefs de partage des canaux est fixée d'après le

rapport de commissions mixtes d'ingénieurs civils et militaires.

Les biefs qui répondent aux points les plus bas d'une ligne de partage, peuvent être alimentés par les eaux des terrains qui les dominent. Cet avantage n'est pas le seul que présentent les canaux auxquels ces biefs appartiennent. Presque toujours, un point *minimum* de la ligne de partage est peu éloigné de l'origine de deux thalwegs opposés. A une certaine distance du point de partage, les eaux qui affluent vers ces thalwegs suffisent pour alimenter le canal, qui peut alors être assimilé à un canal latéral.

Moins les points de partage sont élevés, plus l'accès en est facile, et moins il faut d'écluses.

La largeur des biefs de partage souterrains est moindre que celle des biefs ordinaires; néanmoins la construction en est dispendieuse; la navigation y est lente; en sorte que, lorsqu'ils sont nécessaires, il faut éviter de leur donner une grande longueur. En Angleterre, où ils sont très-communs, leur largeur n'est que de 5,10, et quelquefois de 2,70 seulement. Dans ce dernier cas ils sont compris parmi les canaux dits de petite navigation, sur lesquels on emploie des bateaux de moitié moins larges que les bateaux ordinaires.

Les étangs naturels ou artificiels qui servent à alimenter le bief de partage en sont plus ou moins éloignés, et y envoient leurs eaux par des ri-

goles (1) dont la pente ne doit pas être trop forte. On calcule avec soin la capacité des étangs, le produit des cours d'eau qui y sont dérivés, celui des eaux pluviales qui s'y rassemblent; enfin, celui des machines à vapeur destinées à y élever la quantité d'eau nécessaire. Le bief de partage sert quelquefois lui-même de réservoir.

Le nombre des écluses que l'on construit est plus ou moins considérable, selon que le seuil du bief de partage est plus ou moins élevé au-dessus des points où le canal s'embranche sur les rivières qu'il unit. Les hauteurs de chute de ces écluses sont rarement égales; il ne convient pas même qu'elles le soient, abstraction faite de la configuration du terrain.

Lorsque l'on peut amener dans le canal les eaux d'étangs ou cours d'eau inférieurs au bief de partage, et ce cas est le plus ordinaire, il est avantageux que les écluses situées entre ce bief et ceux qu'alimentent les étangs inférieurs aient moins d'élévation que les autres. En effet, il faut, pour le passage d'un bateau d'un bief dans un autre, une quantité d'eau d'autant moins considérable que la chute a une moindre hauteur. Ainsi, donner peu d'élévation aux écluses des biefs supérieurs, c'est diminuer la dépense d'eau

(1) Ces rigoles elles-mêmes peuvent servir de canaux de petite navigation : comme la rigole de l'étang de Torcy, qui alimente le canal du Centre; le canal de dérivation de l'Ourcq, qui alimente le canal de la Seine à la Seine à Paris.

dans les parties du canal qu'il est le plus difficile d'alimenter.

Si le canal était réduit aux eaux du bief de partage, la hauteur des chutes, à partir de ce bief, devrait aller en décroissant. On établirait, entre les hauteurs de chute de deux écluses consécutives, une relation telle que la différence des volumes d'eau contenus dans les sas pût suffire pour remplacer la quantité d'eau que l'évaporation et les filtrations enlèvent au bief intermédiaire.

Nous n'entrerons dans aucun détail sur les ouvrages d'art qui sont nécessaires à la rencontre des vallées et des affluens, ni sur les difficultés que présente la construction des canaux dans les mauvais terrains.

De la Canalisation ou Navigation artificielle des Rivières, ou des Canaux en lit de rivières.

Canaliser une rivière sur une étendue déterminée de son cours, c'est partager son lit sur cette étendue en un certain nombre de biefs par des barrages dans lesquels on établit des sas.

Ces barrages élèvent le niveau de la rivière, augmentent sa profondeur, diminuent sa pente et sa vitesse, et rendent, par conséquent, la navigation plus facile; ils sont construits sous forme de digues-déversoirs, ou composés de plusieurs passages éclusés.

Les digues-déversoirs sont très-communes sur les rivières; elles servent à les rendre flottables,

et à dériver une partie de leurs eaux pour l'usage des usines. Le passage des trains n'exige qu'une ouverture ou *pertuis* de 4 à 8 mètres de largeur. Les pertuis appelés aussi *passelis* sont ordinairement fermés par des poutrelles; sur quelques rivières, ils servent même à la navigation: pour faire franchir aux bateaux les passages des pertuis, tantôt on emploie des hommes ou des chevaux de renfort, tantôt on les hale au moyen de treuils, ou sur des ancres jetées en amont, ou sur des pilots plantés sur le prolongement de l'axe des pertuis : on voit que les sas sont bien préférables.

Les digues-déversoirs des usines sont ordinairement obliques par rapport au courant, et font, avec sa direction, un angle de 45 degrés. En raison de cette obliquité, leur construction apporte moins de changemens au régime des rivières. Quelle que soit leur destination, la surface sur laquelle coule l'eau est généralement plane, et présente un glacis plus ou moins incliné, au pied duquel est un radier formé de grosses pierres; elles sont terminées en amont par un talus plus ou moins raide. On les construit tantôt en bois, tantôt en bonne maçonnerie, et le plus souvent en pierres sèches placées entre trois rangées de pilots plus ou moins rapprochés; savoir : une en amont, une autre en aval, et une troisième au milieu. Des pièces de bois, les unes appuyées aux pilots, les autres posées suivant l'inclinaison du

glacis, partagent sa surface en cases, dans lesquelles les pierres de parement sont maintenues.

L'écluse est ordinairement construite dans le lit et sur un des bords de la rivière, de manière que l'un des bajoyers fait corps avec la digue; dans quelques cas, toutefois, pour qu'elle ne soit pas exposée à être submergée pendant les crues, on la construit en dehors du lit.

Enfin, on donne à la rivière la profondeur nécessaire à la navigation, sur une largeur de 16 à 20 mètres comptés du bord sur lequel doit passer le chemin de halage.

Les barrages éclusés sont fort en usage en Angleterre. M. Bérigny a proposé d'appliquer ce moyen à la canalisation de la Seine de Paris à Rouen. La Seine serait alors navigable en été, et sa vitesse réduite à 0,25 ou 0,20 par seconde; un cheval remonterait aisément un bateau de 40 à 50 tonneaux.

Les travaux qui ont pour objet la navigation en lit de rivière, ne consistent quelquefois que dans le déblai de rochers ou de bancs de gravier qui embarrassent le lit de la rivière, ou dans des digues élevées sur ses bords pour rétrécir son lit ou redresser son cours, etc.

Les grandes sinuosités, la multiplicité des bras, les cataractes et les rapides d'une rivière, obligent à quitter son lit et à faire des canaux latéraux.

NOTES
SUR LES TRANSPORTS.

Des Transports sur les Routes ordinaires.

SUIVANT Coulomb, « un homme (1) qui marche sur un chemin horizontal, sans porter aucun fardeau, peut parcourir dans sa journée un espace de 50 kilomètres, ou 10 lieues de 2,565 toises; il peut continuer le même exercice les jours suivans. Le poids d'un homme est de 60 à 70 kilogrammes.

» Un porte-faix, chargé de 50 kilogrammes, peut parcourir en un jour, sur un chemin horizontal, un espace de 18 kilomètres, ou 4 lieues 1/2 de poste. »

On évalue, d'après le voyage de Borda au pic de Ténériffe, à 2,900 mètres la hauteur à laquelle peut s'élever un homme qui monte une rampe pendant toute une journée, sans porter aucun fardeau. Dans les Alpes, on calcule le temps nécessaire pour gravir les montagnes, à raison d'une heure pour 400 mètres de hauteur. (Pictet, *Nouvel Itinéraire des vallées autour du Mont-Blanc.*)

Lorsqu'un homme monte chargé de 50 kilogrammes, la hauteur à laquelle il peut s'élever dans sa journée est de 1,000 mètres environ.

Le colporteur, chargé de 44 kilogrammes, fait en voyageant de 18 à 20 kilomètres par jour.

Le soldat d'infanterie porte en route, en temps de paix, $18^{k},7$, et en temps de guerre $25^{k},5$. Le grenadier et le voltigeur portent $20^{k},4$ dans le premier cas, et $27^{k},2$ dans le second. La distance moyenne des lieux d'étape, qui est de

(1) Lorsque l'on dit un homme, un cheval, on entend un homme, un cheval de force ordinaire.



24 kilomètres, est parcourue en six heures, non compris le temps des haltes.

Un bon cheval, chargé de son cavalier, peut parcourir journellement, en sept ou huit heures, 40 kilomètres, ou 10 lieues de poste. Le cheval pèse de 225 à 250 kilogr.; la selle et le cavalier pèsent ensemble environ 90 kilogr.

La charge des mulets et chevaux de bât est ordinairement de 100 kilog., non compris le bât, qui pèse environ 25 kilog.: elle ne doit pas excéder 120 kilog. Un homme conduit deux mulets, quelquefois trois.

On appelle charge *utile* (1), dans les transports, la charge de chaque cheval, abstraction faite du poids de la voiture. A Paris, dans le roulage ordinaire, elle est supposée de 800 à 1,000 kilog. Les chevaux dont on se sert pour ce roulage font 32 kilomètres, ou 8 lieues de poste, par jour; mais on calcule la durée des voyages à raison de 7 lieues seulement par jour, pour tenir compte des retards imprévus. Le roulage accéléré se fait au moyen de relais; la charge utile est de 1,000 à 1,200 kilog.; les voitures font 18 lieues en vingt-quatre heures; mais on calcule la durée des voyages à raison de quinze lieues seulement par jour. On peut évaluer, en France, à 400 kilog. le *minimum* de la charge utile, et à 1600 kilog. son *maximum* (2).

En France, dans les transports par les diligences, la charge utile peut être évaluée à 360 kilog. par cheval. (Ch. Dupin, *Géom. et Mécan.*, tome III, page 146.) On sait que la vitesse des diligences est de 8 kilomètres par heure (3).

(1) Le poids de la voiture est le $\frac{1}{3}$ ou le $\frac{1}{4}$ au moins de la charge utile.

(2) Dans le midi de la France, la charge des chevaux de roulage est à peine de 600 kilog.; dans les environs de Paris, elle dépasse très-souvent 2,000 kilog. (Navier, *De l'Etablissement d'un chemin en fer entre Paris et le Havre*, page 14): il s'agit de la charge totale, voitures comprises. Nous avons eu l'occasion de nous assurer que l'on ne fait traîner à Bayonne que 450 kilog. de charge utile par un cheval de roulage.

(3) En Angleterre, la vitesse moyenne des voitures de relais est de 14,4 kilomètres par heure, quelquefois même de 16.

On règle la charge des voitures qui doivent suivre les mouvemens des armées, à raison de 250 kilog. seulement par cheval.

Le nombre des chevaux nécessaires pour traîner une voiture chargée de 4,000 kilog., sur une route horizontale, varie en raison du mode de construction de cette route. M. Cordier a, par différentes hypothèses, déterminé ce nombre de la manière suivante (*Essais sur la Construction des routes*, etc., tome Ier, page 59) :

Routes.	Chevaux.
En pavés de dalles très-unies.	$2\frac{1}{2}$
En pavés de grès parfaitement entretenus. .	3
En cailloutis en très-bon état.	$3\frac{1}{2}$
En pavés de grès avec flaches.	4
En cailloutis rouagés.	5
En blocages raboteux.	6
En terrain naturel crayeux et siliceux. . . .	15
En *idem* argileux.	25

Des Transports sur les Chemins en fer.

Les auteurs anglais qui ont écrit sur les chemins en fer, assignent des valeurs assez différentes à l'effet utile des chevaux employés sur ces chemins. La valeur moyenne de cet effet, sur un chemin horizontal à ornières saillantes, est de 6,000 kilog., ou six tonneaux transportés à 32 kilomètres de distance, avec une vitesse (1) de 4 kilomètres par heure. La charge utile, dans les mêmes circonstances, est de 4 tonneaux environ sur les ornières plates. Les variations qu'on observe paraissent provenir de l'inégalité de poli des surfaces mises en contact dans les différentes expériences.

(1) Suivant M. Wood, auteur anglais, la vitesse avec laquelle marche le cheval chargé, quand on le laisse en liberté, est de 3,200 mètres par heure. Il peut alors travailler 10 heures par jour. La distance parcourue est la même.



Des Transports sur les Canaux.

La charge ntile qu'nn homme traîne sur un canal, est de 50 à 60 tonneaux. Il marche avec nne vitesse de 14 à 1500 mètres à l'heure, et travaille huit heures par jour.

En Angleterre, sur le grand canal de jonetion, la charge utile que traîne un cheval est de 24 tonneaux; il marche avec une vitesse de 4,000 mètres environ à l'heure, et parconrt dans sa journée une distance de 42 kilomètres. (Tredgold, *Traité pratique sur les chemins en fer,* page 221 de la traduction.)

En France, la charge utile est plus grande, mais la distance parconrue est moindre. Ainsi, la charge utile étant snpposée de 75 tonneaux, la distance parcourue n'est que de 25 kilomèt. (*Notice* de M. Sartoris *sur le canal de la Vesle.*)

Prix des Transports par terre.

Dans les transports par terre, l'unité de poids est le quintal métrique, et l'nnité de distance est, ou la lieue de poste, ou le kilomètre. Dans les transports par eau, l'unité de poids est ordinairement le tonneau, et l'unité de distance, le demi-myriamètre.

Sur la frontière d'Espagne, en 1821, le transport du qnintal métrique à dos de mulet coûtait $0^{f},45$ par lieue, et le transport par voiture $0^{f},17$ 3/4 (1).

Les prix du roulage, sur les routes ordinaires, ne sont point fixes; la mauvaise saison, la rareté des voitures, ou l'abondance des marchandises à transporter, causent l'augmentation : la bonne saison, l'afflnence des voitures, et la rareté des marchandises, produisent l'effet contraire.

---

(1) En 1823, le transport du quintal métrique au-delà des Pyrénées a été payé aux entrepreneurs à raison de $0^{f},40$, $0^{f},63$ par lieue.

	ROULAGE ordinaire.	ROULAGE accéléré.	DILIGENCE
Prix du quintal métrique par lieue.	0f,08 ; 0f,12	0f,16 ; 0f,22	0f,25
Id. du tonneau par cinq kilom.	1f » ; 1f,50	2f » ; 2f,75	3f,125

Les chemins en fer ne font point partie du domaine public; ils appartiennent à des compagnies auxquelles le gouvernement accorde l'autorisation de les établir à des conditions qui sont déterminées par une loi ou par une ordonnance. Les prix de transport sont fixes, et représentent l'intérêt des fonds dépensés par la compagnie, et les frais de la conduite des voitures, frais dont elle se charge ordinairement.

La compagnie qui fait construire le chemin en fer de Saint-Etienne à la Loire, est autorisée à percevoir à perpétuité un droit de 1c,86 par kilomètre et par hectolitre de houille et de coak, ce qui fait 7c,44 par lieue et par hectolitre, à peu près le même prix que par le roulage ordinaire, parce que l'hectolitre de houille pèse de 80 à 100 kilogrammes.

Prix des Transports par eau.

Les prix auxquels reviennent les transports par eau se composent des droits de navigation, du fret des bâtimens, et des frais de halage.

Les droits de navigation sur les rivières sont modiques ; le fret des bâtimens varie peu ; les frais de halage sont presque nuls en descendant, mais ils sont plus ou moins considérables en remontant.

	SUR LA SEINE, ENTRE PARIS ET ROUEN, en descendant.	SUR LA SEINE, ENTRE PARIS ET ROUEN, en remontant.	SUR LE RHONE, en remontant.
Prix du tonneau par distance de cinq kilom.	0f,16	0f,33	1f,17

Le loyer des bateaux, le salaire des équipages et les frais de halage sur les canaux, montent ensemble à 0f,08, au plus à 0f,12, par tonneau et par distance de 5 kilomètres.

Les droits de navigation sont plus considérables; ils varient suivant les canaux et suivant la nature des chargemens. Voici ceux qui doivent être perçus sur plusieurs des canaux en construction, d'après les tarifs annexés aux lois concernant l'ouverture de ces canaux :

Par kilolitre de froment, orge, seigle, blé de turquie, soit en grain, soit en farine. . . .	0f,250
Par kilolitre de vin, eau-de-vie, vinaigre et autres boissons; suivant les canaux. . . .	0f,400 à 0f,600
Par quintal métrique de mine et minerais. . .	0f,015
Idem de fer et fonte.	0f,030
Idem de sucre, café, huile, etc.	0f,044
Par mètre cube de marbre et pierre de taille. .	0f,200 à 0f,600
Idem de plâtre, tuiles, ardoises et chaux.	0f,200
Par mètre cube de charbon de terre, de bois d'équarrissage, de sciage, et autres.	0f,200
Idem de bois à brûler.	0f,100

Les poids ne sont pas comptés au-dessous du quintal métrique, et les cubes au-dessous du dixième de mètre cube.

Sur quelques canaux, les droits sont réglés par *chaque centimètre* d'enfoncement d'eau, déduction faite de 6 centimètres pour le fond du bateau.

AVANTAGES COMPARÉS DES TRANSPORTS PAR TERRE ET PAR EAU.

Les transports sur les routes ordinaires ne sont sujets, en France, à aucun droit; néanmoins ils sont dispendieux, mais ils sont prompts et ont lieu dans toutes les saisons. Les époques de départ et d'arrivée sont fixes.

Les transports sont interrompus fréquemment sur la plupart des canaux, en été, par défaut d'eau, en hiver, par les gelées; ils sont lents, et les arrivages n'ont pas lieu d'une manière régulière. Mais ces inconvéniens sont rachetés par la modicité des droits de navigation et des prix auxquels les transports sont effectués.

Les chemins en fer paraissent réunir les avantages des routes et ceux des canaux, et l'emporter même sur les canaux lorsque les transports doivent avoir lieu avec une vitesse qui excède 8 kilom. par heure (Tredgold, ouvrage cité, page 248). En effet, on regarde la résistance sur les chemins en fer comme indépendante de la vitesse des chariots, et la résistance de l'eau comme proportionnelle au carré de la vitesse des bateaux. Par conséquent, les charges mises en mouvement sur les canaux doivent être en raison inverse des carrés des vitesses. Or, lorsque la vitesse est de 4 kilomètres par heure, la charge que peut traîner un cheval sur les canaux est à celle qu'il peut traîner sur les chemins en fer :: 24 : 6 (pages 55 et 56.) Pour calculer la vitesse que l'on pourrait obtenir avec le même effort dans le cas où, sur le canal, la charge serait réduite de 24 à 6 tonneaux, on ferait la proportion suivante :

$$24 : 6 :: x^2 : \overline{4}^2.$$

$$x^2 = 64. \quad x = 8 \text{ kilom.}$$

La durée du travail, dans cette hypothèse, ne pourrait être que de deux à trois heures par jour ; elle pourrait être de plus de trois heures, si l'on réduisait la charge égale à moins de 6 tonneaux.

Suivant M. Wood, l'effet utile du cheval est le même sur les canaux et sur les chemins en fer, quand sa vitesse est portée à 5 kilomètres $\frac{3}{5}$ par heure. L'effet utile est sensiblement moindre sur les canaux, quand la vitesse du cheval excède cette limite.

Observons en terminant ce sujet, que, lorsqu'on veut com-

parer des dépenses de transport, il faut les calculer à raison des distances qui sont parcourues depuis le lieu de départ jusqu'au lieu d'arrivée. Les distances par eau sont le double, le triple, quelquefois le quadruple des distances par terre; néanmoins, les dépenses des transports sur les rivières et les canaux sont moindres que celles des transports effectués par les routes de terre.

Enfin, les armées qui traînent à leur suite un matériel immense, et qui ont rarement le nombre de chevaux et de voitures nécessaires, doivent en général préférer pour le transport de ce matériel les routes d'eau, sur lesquelles un cheval peut traîner la charge de plusieurs voitures.

Note sur le Prix du mètre courant des Routes, Chemins en fer et Canaux.

En France, le mètre courant des routes royales revient à 18 francs, non compris les ponts que la construction de ces routes peut nécessiter. On calcule la dépense de leur entretien annuel à raison de $0^{f},57$ par mètre, dont 3/4 pour achat de matériaux, et 1/4 pour la main d'œuvre. Les frais d'administration et de surveillance ne forment pas un article particulier dans le budget.

Le mètre courant de chemin en fer à double voie reviendrait en France à 118 francs, l'entretien annuel à 1 franc, les frais d'administration et de surveillance également à 1 franc par mètre.

Le mètre courant des grands canaux de navigation coûte de 80 à 130 francs, y compris toute espèce d'ouvrage d'art nécessaire. Le mètre courant de grand canal souterrain est évalué à 750 francs.

NOTES

SUR LES PRINCIPAUX CANAUX D'EUROPE.

ANGLETERRE ET ÉCOSSE.

Ce qui suit est tiré des *Voyages dans la Grande-Bretagne*, de M. Ch. Dupin, *Force commerciale*, tome Ier, livre IV, pag. 159 et suiv.; tome II, pag. 151 et 168.

La Grande-Bretagne a la forme d'un triangle allongé, dont la petite base est au sud, et le sommet au nord. Une grande chaîne de montagnes est parallèle au côté du couchant; une chaîne secondaire est parallèle à la base méridionale, dont elle est assez voisine: 21 canaux traversent la première chaîne, et unissent les cours opposés des rivières qui se jettent dans l'Océan Germanique, et dans la Mer Atlantique ou dans la Mer d'Irlande. Pour abaisser les points de partage au-dessous des cols élevés qu'il fallait franchir, et rester dans les régions où l'on peut amener les eaux en quantité suffisante, on a percé 48 souterrains, dont la longueur totale est évaluée à près de 70 kilomètres.

L'Angleterre possède quatre grands ports de commerce: sur la côte orientale, Londres, dans le bassin de la Tamise, et Hull, dans le bassin du Humber; sur la côte occidentale, Liverpool, dans le bassin de la Mersey, et Bristol, dans le bassin de la Séverne. Elle possède en outre deux grandes villes manufacturières, Manchester, à 12 lieues de Liverpool, et Birmingham, dans l'intérieur, à égale distance, à 10 lieues près, des quatre grands ports de commerce. A chacune de ces six villes, aboutissent par terre et par eau plusieurs communications.

Le canal du duc de *Bridgewater*, le premier qu'on ait construit, en 1759, est remarquable par les ouvrages d'art, au moyen desquels il est soutenu de niveau sur une longueur de 20 lieues, depuis Manchester jusqu'à Runcorn, près de la Mersey; il débouche dans cette rivière, et unit ainsi Manchester et Liverpool. La différence de niveau entre le canal et la Mersey, est de 29 mètres.

Le canal de *Huddersfield* est un des canaux à bief de partage qui traversent la grande chaîne. Le bief de partage est souterrain sur une longueur de 4,828 mètres; le canal commence à Manchester, et se termine à Huddersfield, sur les bords de la Calder, affluent de l'Air, qui se jette dans l'Ouse; l'Ouse a son embouchure dans la baie du Humber.

Le canal de *Léeds* et *Liverpool* unit les deux villes dont il porte les noms. Léeds est sur l'Air; ainsi ce canal, comme le précédent, établit une communication entre les deux mers.

Canaux de *Chester*, *Ellesmère*, *Shrewsbury* et *Shropshire*. Cette ligne de navigation unit la Mersey et la Séverne. Parmi ces canaux, celui d'Ellesmère est remarquable par son objet, par son étendue, et par la beauté de plusieurs ouvrages d'art; entre autres du pont Cysylte, qui est en fer. *Voyez* l'ouvrage cité, tome Ier, page 189. Les différences de niveau des biefs du canal de Shropshire, qui traverse un pays très-montueux, sont rachetées par trois plans inclinés : le premier, à $\frac{1}{8}$; le second, à $\frac{1}{14}$; le troisième, à $\frac{1}{5}$. Ces plans ont, le premier, 36 mètres de hauteur; le second, 38 mètres; le troisième, 63 mètres. La charge des bateaux n'est que de cinq à huit tonneaux.

Le canal du *Grand-Tronc*, ou de *Trent* et *Mersey*, noms des rivières qu'il unit, est comme l'arbre d'où se ramifient presque toutes les branches de la navigation intérieure de l'Angleterre. La Trent a son embouchure dans la baie du Humber. La direction du canal, à partir de Preston-Brook sur le canal du duc de Bridgewater, étant sud-est sur une grande étendue, et la Trent coulant au nord-est, la ligne de communication

établie entre Liverpool et Hull au moyen du canal et de la Trent, forme un angle dont le sommet est à sept lieues environ au nord de Birmingham. La construction du Grand-Tronc a présenté de grandes difficultés; elle a exigé trois ponts-aqueducs, 258 ponts ordinaires, cinq réservoirs, et cinq galeries souterraines. Au centre, sur une longueur de 95 kilom., le canal est ouvert en *petite section;* la largeur des écluses n'est que de 2^{m},30, et les bateaux qui y naviguent ne portent que 20 tonneaux. Les deux autres parties du canal sont ouvertes en *grande section;* la largeur des écluses est de 4^{m},60, et les bateaux portent 40 tonneaux. Tel est le double système de navigation adopté en Angleterre. Le bief de partage est établi à 124 mètres de hauteur au-dessus de la Mersey, dans une galerie souterraine percée dans la gorge de Harecastle, et qui a 2,641 mètres de longueur, et 2^{m},74 de large seulement.

Canaux de *Fazeley, Coventry* et *Oxford.* Cette ligne de navigation a son point d'embranchement sur le Grand-Tronc, au sommet de l'angle que forme ce dernier au nord de Birmingham : elle aboutit à Oxford, sur la Tamise.

Canal de *Grande-Jonction.* Ce canal, prolongé sur une petite étendue sous les noms de canal de Paddington, canal du Régent, passe très-près de Londres, au nord de cette ville, et débouche dans la Tamise; à seize lieues au nord d'Oxford, il communique, par son autre extrémité, avec le canal qui porte le nom de cette ville. Il a deux biefs de partage: le plus élevé, établi dans la galerie souterraine de Blisworth, est alimenté par des étangs considérables, par cinq vastes réservoirs, et par une machine à vapeur qui fait remonter une partie de l'eau que dépensent les écluses.

Le canal de *Grande-Union* joint directement le précédent avec la ligne principale de communication de Liverpool à Hull.

Canal de *Tamise* et *Séverne*, et canal de la *Stroude.* Ces deux canaux et l'Isis, branche principale de la haute Tamise,

forment une ligne de navigation qui unit Oxford et un point situé sur la Séverne, à neuf lieues au-dessus de Bristol.

Le canal de *Kennet* et *Avon* unit Bath sur l'Avon qui passe à Bristol, et Reading à l'embouchure de la Kennet dans la Tamise.

Birmingham. Cette ville peut envoyer par eau, dans les quatre grands ports et dans plusieurs autres villes, les nombreux produits de son industrie et des mines de fer et de charbon dont elle est entourée.

Canal de *Forth* et *Clyde*, en Ecosse. Ce canal unit Bowling-Bay sur le Clyde, un peu au-dessous de Glasgow, et Grangemouth sur la Carron, aux bords du golfe de Forth. Le bief de partage est élevé de 47^{m},60 au-dessus de Bowling-Bay, et de 50^{m},30 au-dessus de Grangemouth ; il a 29 kilomètres de longueur dans des marais qui en ont rendu la construction difficile. La longueur totale du canal est de 60 kilom. environ ; un embranchement long de 4 1/2 kilom., de niveau avec le bief de partage, conduit de ce bief au port Dundas, faubourg de Glasgow. Enfin, le canal d'*Union* est la continuation du canal de Forth et Clyde, sur la rive méridionale du Forth, jusqu'à Edimbourgh.

Le canal *Calédonien*, dans la Haute-Ecosse, unit plusieurs grands lacs et les deux mers qui baignent l'est et l'ouest de l'Ecosse. La ligne navigable a 92 kilom. de longueur, depuis le fort Inverness, à l'extrémité nord-est, jusqu'au fort William, à l'extrémité sud-ouest. La longueur des canaux est de 34 kilom. ; leur profondeur est de 6^{m},10. Les écluses ont 12^{m},20 de largeur, et 52^{m},46 de longueur ; elles peuvent recevoir des frégates de 32 canons. Le bief de partage est élevé de 28^{m},67 au-dessus de la mer ; il est formé par les lacs Oich et Lochy. Ce canal gigantesque a été livré à la navigation en 1822. Les bâtimens qui doivent passer de la Mer du Nord dans l'Océan Atlantique, ou de cette dernière dans la première, n'ont plus à doubler les îles Orcades.

ÉTATS AUTRICHIENS.

Aucun canal à point de partage n'a été exécuté dans les Etats autrichiens.

Le canal navigable de Vienerisch-Neustadt, à Vienne, est un canal de dérivation, ouvert en petite section pour des bateaux de $2^m,30$ de largeur, et de 1 mètre de tirant d'eau. Il a été fait en 1803. Neustadt est à 44 kilomètres de Vienne, sur la route de Clagenfurth.

Le canal de Schwarzenberg, qui commence dans le cercle de Budweiss, en Bohême, et débouche dans le Danube, est un simple canal de flottage.

Deux autres canaux de dérivation navigables ont été creusés, l'un dans le Bannat de Temeswar, l'autre en Hongrie, entre le Danube et la Theiss.

Le premier, appelé canal du *Béga*, commence à Fatschet, sur le Béga, et aboutit à la Theiss, vis-à-vis Tittel. Il passe à Kiszeto, Temeswar et Klek; de Klek à Perlasvaros, on navigue sur le Béga. Le canal qui porte le nom de cette rivière est alimenté au besoin, dans sa partie supérieure, par un canal qui, à Kostil, prend les eaux de la Temès et les porte à Kiszeto. Dans les temps de sécheresse, on y fait entrer les eaux de la Theiss, dont le niveau est alors supérieur à celui du Béga. Ce canal n'a pas été entretenu, et n'est, dit-on, plus navigable.

Le second, appelé canal de *François II*, commence à Monostorszeg, sur la rive gauche du Danube, qui paraît l'alimenter, et débouche dans la Theiss à Foldvar, quelques lieues au-dessus de Tittel. La différence de niveau est rachetée par cinq écluses. Ce canal est très-important; il accourcit de 60 lieues la route qu'aurait à parcourir un bateau pour se porter de Monostorszeg à Foldvar, en suivant le Danube et la Theiss.

Voyez *Italie*, pour les canaux situés dans le royaume Lombardo-Vénitien.

ESPAGNE.

Parmi les canaux d'irrigation, dont le nombre est considérable en Espagne, deux ont été ouverts en grande section, et remplissent un double objet; ce sont les canaux d'Aragon et de Castille.

Le canal d'Aragon, nom de la province dans laquelle il est situé, prend les eaux de l'Ebre, sur la rive droite de ce fleuve, à un endroit appelé *Bocal* (1), à cinq quarts de lieue de Tudela, en Navarre. Sa profondeur est de 3 mètres; sa largeur au niveau de l'eau de 12 mètres; sa longueur de 155 kilomètres, depuis le Bocal jusqu'au mont Torréro, à un quart de lieue de Saragosse; il offre à peu près le même développement depuis le mont Torréro jusqu'à son embouchure dans l'Ebre; mais cette partie n'est pas achevée. Une écluse à sas sert à faire passer les bateaux du canal dans l'Ebre, et réciproquement. Deux autres écluses sont construites un peu au-dessus du mont Torréro. Près d'Alagon, le canal franchit le Xalon, sur un pont remarquable par son élévation et par sa longueur, qui est de 1400 mètres. Depuis le Bocal jusqu'à la première écluse du mont Torréro, il ne présente qu'un seul bief, dans lequel les eaux ont un courant assez rapide, et une pente d'un sur dix mille. La plaine vaste et fertile où l'Ebre coule sur une pente beaucoup plus forte, est dominée par le canal. De distance en distance, sont des prises d'eau pour l'irrigation des terres. Il y a des magasins au Bocal et au mont Torréro, deux diligences, et trois grands bateaux sur le canal. Le transport des marchandises revient à 0f,35 par tonneau et par distance de 5 kilomètres. La route de Tudela à Saragosse par Mallen et Alagon étant très-mauvaise, on doit toujours donner la préférence au canal.

Le canal de Tauste, qui est sur la rive gauche de l'Ebre,

(1) Bocal, entrée.

et dont la prise d'eau est à peu près à la même hauteur que celle du canal d'Aragon, ne sert qu'à l'irrigation des terres.

Le canal de *Castille* commence dans la province de Burgos, à Alar del Rey, vers le 42° 51' de latitude; il suit la rive gauche de la Pisuerga, qui l'alimente; traverse cette rivière dans le royaume de Léon, près de Herrera; se dirige ensuite vers le S. S. O.; franchit la *Cieza*; atteint le Carrion, le croise, et se termine dans cette rivière, un peu au-dessous de Palencia. Avant Palencia, il se joint au canal de *Campos*, qui se dirige vers l'O., et aboutit à Paredes. On a exécuté dans les canaux de Castille et de Campos, de grands et nombreux travaux en pierre, des écluses, des chaussées, etc. (Antillon, *Géogr., phys. et pol. de l'Espagne et du Portugal.* Paris, 1823, page 107.)

FRANCE.

Nous suivrons dans la description des canaux de France l'ordre adopté dans le rapport fait au Roi en 1820, sur la navigation intérieure du royaume. (Paris, Impr. roy., 1820.)

CANAUX DE PREMIÈRE CLASSE, OU LIGNES DE JONCTION DES DEUX MERS.

Première ligne de jonction par le Nord et l'Est de la France.

Canal de *Monsieur.* Ce canal, commencé en 1805, est aujourd'hui très-avancé. Il a pour objet de joindre le Rhône au Rhin, au moyen de la Saône et du Doubs, en passant par Dôle, Besançon, Montbéliard, Mulhausen et Strasbourg; il prend son origine dans la Saône, un peu au-dessus de Saint-Jean de Losne. De cette ville à Dôle, il est alimenté par le Doubs; la différence de niveau est de 20^m,18. De Dôle à Vougeaucourt, sur le Doubs, non loin de Montbéliard, la plus grande partie du canal est exécutée en lit de rivière. Le

bief de partage a 2,804 mètres de longueur ; le village de Valdieu, sur la route de Belfort à Bâle, est situé à l'une de ses extrémités. De Valdieu à Strasbourg, le canal de Monsieur sera alimenté par le bief de partage, par la Largue et par le Rhin, au moyen d'un canal de dérivation de ce fleuve. Ce canal de dérivation sera navigable, et établira une communication de Mulhausen à Bâle, par Huningue.

Deuxième ligne de jonction par le Midi et le Nord de la France.

Canal de *Bourgogne*. Ce canal, commencé en 1775, doit joindre la Saône à la Seine, au moyen de l'Yonne, en passant par Dijon, Montbard et Tonnerre ; sa longueur, depuis Saint Jean de Losne sur la Saône, jusqu'à la Roche sur l'Yonne, est de 242 kilom. Il est déjà navigable sur une longueur de 45 à 50 kilom., comptée de chaque extrémité ; mais le bief de partage, composé de deux parties, dont une, souterraine, de 3,300 mètres de longueur, n'est pas achevée.

Canal de *Manicamp à Chauny*. Ce canal forme, latéralement à l'Oise, le prolongement du canal de *Crozat*, qui unit l'Oise et la Somme, et est alimenté par cette dernière rivière. Le canal de Crozat est considéré comme faisant partie du canal suivant.

Le canal de *Saint-Quentin* unit la Somme et l'Escaut. Le bief de partage, un des plus longs que l'on connaisse, a 20,245 mètres de longueur, depuis l'écluse du Bosquet sur l'Escaut, dont il prend les eaux, jusqu'à l'écluse de Lesdin, où commence la branche du canal qui est alimentée par la Somme. Il est à ciel ouvert, 1° du Bosquet à Maquincourt, où commence le souterrain de Riqueval, qui a 5,677 mètres de longueur ; 2° entre le souterrain de Riqueval et celui du Tronquoy, long de 1,100 mètres ; 3° depuis le Tronquoy jusqu'à Lesdin. Sa hauteur, au-dessus de Saint-Quentin, est de 10^{m},12, et est rachetée par cinq écluses. Du Bosquet à Cambray, où l'Escaut commence à être navigable, le canal a été exécuté latéralement à la rive droite de ce fleuve. Les souterrains ont

8 mètres de largeur, et sont terminés par des portes que l'on ferme pendant les gelées. Leur construction a présenté de grandes difficultés, causées par l'abondance des sources.

Canal du duc *d'Angoulême* ou de la *Somme*. Ce canal s'embranche sur le canal de Crozat, entre Pont-Tugny et Saint-Simon. La navigation aura lieu, tantôt en lit de rivière, tantôt en canal latéral. Elle est déjà ouverte par parties sur la moitié de la longueur que doit avoir le canal, et qui est de 160 kilom. environ. La pente entre les deux points extrêmes est de 64 mètres.

Parmi les canaux qui forment le prolongement et les différentes ramifications de la seconde ligne de jonction des deux mers, nous ne citerons que les suivans, qui appartiennent à la ligne de navigation de Paris à Dunkerque.

Canal de la *Sensée*. Ce canal joint la Scarpe à l'Escaut; il débouche, dans la première de ces rivières, un peu au-dessus de Douai, et dans l'autre, près de Bouchain. Le bief de partage, plus élevé au-dessus de la Scarpe qu'au-dessus de l'Escaut, est alimenté par la Sensée.

Haute-Deule, depuis le fort de Scarpe, au-dessous de Douai, jusqu'à Berclau, point d'embranchement du canal suivant.

Canal de la *Bassée à Aire* sur la Lys. Ce canal important a été livré à la navigation en 1825; il est composé de deux biefs séparés par l'écluse de Cuinchy : quatre petites rivières le traversent.

Le canal du *Neuf-Fossé*, d'*Aire* à *Saint-Omer*, unit la Lys et l'Aa.

Rivière ou canal de l'*Aa*, de Saint-Omer à Gravelines.

Enfin, canal de *Bourbourg*, de Dunkerque à un point sur l'Aa, un peu au-dessus de Gravelines.

Troisième ligne de jonction des deux mers, par le Midi et le Nord, en passant par le centre.

Canal du *Centre* ou du *Charolais*. Ce canal unit la Saône et la Loire; il débouche dans la première de ces rivières à

Châlons, et dans la seconde à Digoin. Le bief de partage traverse la chaîne qui sépare ces deux rivières dans un endroit où elle est fort basse, et comme interrompue. Sa position était indiquée par les étangs de Monchanin et de Longpendu, très-près l'un de l'autre, et situés, le premier sur le versant de la Loire, le second sur le versant de la Saône. Il a été creusé dans l'étang de Longpendu, qui était un peu plus élevé que celui de Montchanin. Il est alimenté par plusieurs autres étangs; le principal est celui de Torcy, dont on a récemment exhaussé la digue. Le canal côtoie, d'un côté, la Bourbince, affluent de la Loire, et de l'autre, jusque près de Chagny, la Dheune, affluent de la Saône, et de Chagny à Châlons, la Thalie. Les trois cinquièmes des transports effectués par le canal, consistent en vins destinés à l'approvisionnement de Paris; le reste consiste en merrain, cercles, échalas, charbons de terre et de bois, etc.

Canal *latéral à la Loire, de Digoin à Briare*. Ce canal, à peine commencé, sera situé entièrement sur la rive gauche de la Loire. L'Allier le divise naturellement en deux parties au bec d'Allier, au-dessous de Nevers. Le peu de profondeur de la Loire entre Digoin et Briare, l'irrégularité de ses crues et sa rapidité, rendent ce canal nécessaire.

Canaux de *Briare* et de *Loing*, ou canal de *Briare*. Ce canal, commencé en 1605 sous Henri IV, a été livré à la navigation en 1642; il unit la Loire et la Seine; c'est le premier canal à point de partage qui ait été exécuté en Europe. Le bief de partage est bien situé; on y amène presque directement, des deux versans, plusieurs ruisseaux qui ont un long cours, et qui reçoivent les eaux d'une étendue de pays considérable; ces eaux sont tenues en réserve dans plus de trente étangs; mais on a fait la faute de donner aux écluses qui en sont proches, des hauteurs très-différentes entre elles, et de construire à Rogny sept écluses accolées. (*OEuvres de Gauthey*, tome III, page 224.) Du côté de la Seine, le Loing sert en partie de canal.

Le surplus se compose du cours de la Seine, depuis l'embouchure du Loing jusqu'à celle de l'Oise; de l'Oise, depuis ce dernier point jusqu'à Manicamp; du canal de Manicamp à Chauny; du canal Saint-Quentin et de l'Escaut, ou du cours de la Seine depuis l'embouchure du Loing jusqu'à celle de l'Oise; de l'Oise jusqu'à l'embouchure de l'Aisne; du cours de l'Aisne jusqu'à Semuy; du canal des Ardennes, et de la Meuse.

Le canal des *Ardennes* s'embranche sur la Meuse, près de Donchéry, entre Sedan et Mézières, et aboutit à l'Aisne à Semuy; son cours se prolongera, soit dans le lit même de l'Aisne, soit sur la rive gauche jusqu'à Neufchâtel. Le bief culminant est situé au Chesne-le-Populeux.

Quatrième ligne de jonction des deux mers, par le Midi et le Nord-Ouest.

Cette ligne se compose du cours du Rhône ou d'un canal latéral, du cours de la Saône, du canal de Bourgogne, du cours de l'Yonne, et du *cours de la Seine jusqu'à la mer.*

De nombreuses sinuosités, plusieurs ponts, une profondeur peu considérable (1) pendant une partie de l'année, et des bancs de sable mouvant à Quillebeuf, font que la navigation sur la Seine, de Paris au Havre, est longue et fréquemment interrompue. Quelques travaux ont été exécutés sur différens points : une écluse a été construite à Pont-de-l'Arche pour éviter un passage dangereux; la navigation par les canaux Saint-Denis et Saint-Martin, qui viennent d'être terminés, est plus facile et plus courte que celle en lit de rivière; mais pour que les bateaux en usage sur la Seine puissent naviguer sur cette rivière commodément et sans interruption presque toute l'année, de grands travaux sont encore nécessaires.

(1) En 1822, le tirant d'eau de la Seine a été, pendant 95 jours, au-dessous d'un mètre, pendant 76 jours, de 1 mètre, $1^{m},50$, 2 mètres au plus.

Cinquième ligne de jonction des deux mers, du Midi à l'Ouest, en passant par le centre de la France.

Cette ligne se composera du cours du Rhône, du cours de la Saône, du canal du Centre, du canal de *Berry*, du *canal latéral à la basse Loire*, depuis Tours jusqu'à Nantes, et du canal de *Nantes à Brest*.

Canal du *Duc de Berry*. Ce canal se compose d'une partie principale joignant la Loire à la Loire, et d'un embranchement partant du Rhimbé sur cette première partie, et aboutissant à Montluçon sur le Cher, en sorte que le bassin du Rhimbé peut être considéré comme le sommet commun de trois branches dirigées, l'une vers la Loire, en aval du bec d'Allier, par Sancoins, l'autre également vers la Loire, au-dessus de Tours, par Bourges et Vierzon, et la troisième vers Montluçon, par Saint-Amand. On ouvre ce canal en *petite section ;* la largeur des écluses est de $2^m,70$.

Le canal de *Nantes à Brest*, dont l'objet principal est d'assurer en temps de guerre les approvisionnemens du plus vaste et du plus important de nos arsenaux maritimes, se compose de trois canaux à point de partage : le premier unit la Loire et la Vilaine ; son point de partage est à Bout-de-Bois ; le second est destiné à opérer la jonction de l'Oust au Blavet ; il franchira à Hilverne, entre Rohan et Pontivy, le seuil qui sépare les deux bassins ; le troisième joindra la navigation du Blavet à celle de l'Aulne, qui débouche dans la rade de Brest ; son bief culminant est situé sur le plateau de Glomel. Les travaux de ce canal sont poussés avec activité.

Le canal d'*Ille-et-Rance*, ou de Rennes à Saint-Malo, n'est qu'un embranchement du précédent, auquel il se rattache par la Vilaine. Il complète le système des communications des ports de mer de la Bretagne avec l'intérieur de la France.

Sixième ligne de jonction des deux mers, par le Midi et le Sud-Ouest de la France.

Cette ligne se composera du canal *de Marseille au port de Bouc*, qui n'est pas commencé; du canal *de Bouc à Arles*, auquel on travaille; d'un canal *latéral au Rhône*, depuis Arles jusqu'à Tarascon; du canal de *Beaucaire à Aigues-Mortes*, qui est livré à la navigation; du canal de la *Radelle*, qui est en partie fait; des canaux des *Etangs* qui bordent le littoral de la Méditerranée, dans le département de l'Hérault; du canal du *Midi;* du prolongement de ce canal jusqu'à Moissac, en passant par Montauban; enfin, du cours de la Garonne, depuis Moissac jusqu'à Bordeaux.

Canal du *Midi*, du *Languedoc*, ou des *Deux-Mers*. Ce canal débouche, d'une part, dans la Garonne, un peu au-dessous de Toulouse, et de l'autre dans l'étang de Thau, qui communique avec la Méditerranée. Le bief de partage est situé sur le plateau étroit de Naurouse, qui unit la chaîne des Cévennes à celle des Pyrénées. Le vaste bassin de Saint-Ferréol, qui alimente ce bief, est dans un vallon sur le versant du Tarn, affluent de la Garonne. Il retient les eaux du Laudot, petit ruisseau qui se jette dans le Sor, affluent du Tarn, est éloigné de 2 kilom. du bief de partage, et plus élevé de 192 mètres que ce bief; il y envoie ses eaux par une rigole dite rigole de la plaine, et il reçoit les eaux de l'Alzau, du Lampy, et de deux autres cours d'eau, qui tous appartiennent au versant de la Méditerranée, par une rigole dite rigole de la montagne. Le bassin du Lampy est situé à 262 mèt. au-dessus de celui de Saint-Ferréol, 643 mètres au-dessus de la mer. La rigole de la montagne passe du versant de la Méditerranée sur le versant de l'Océan, au souterrain de Campmazés. Du côté de la Garonne, le canal a pu être ouvert sans difficulté dans le vallon du Lers-Mort; du côté opposé, des torrens, et plusieurs petites rivières qui en croisaient la direction, ont nécessité un grand nombre d'ouvrages d'art.

Le canal descend d'abord dans le vallon du Fresquel, puis il côtoie la rive gauche de l'Aude sur une longueur de 48 kilom., s'en éloigne et traverse l'Orb, qui lui sert de lit sur une longueur de 800 mètres environ, près de Béziers. « Les ingénieurs étrangers déclarent franchement, dans leurs écrits, que c'est à la célébrité méritée de cet admirable monument, qu'est due l'attention que les souverains des autres pays ont apportée à la navigation intérieure de leurs Etats. » (Ch. Dupin, ouvrage cité, tome I[er], page 80.)

Septième ligne de jonction de la Manche à la mer de Gascogne et à la Méditerranée, ou canal de Dunkerque à Marseille.

La ligne de navigation de Dunkerque à Paris, le cours de la Seine depuis la gare de l'Arsenal jusqu'au canal de Loing, les canaux de Loing et d'Orléans, le cours de la Loire, depuis Orléans jusqu'à l'embouchure de la Vienne, et plusieurs autres lignes de navigation dont les unes existent et les autres sont projetées, composent la septième ligne de jonction des mers.

Le canal d'*Orléans* s'embranche sur le canal de Loing, au-dessous de Montargis. Le bief de partage est situé à 10 lieues de celui du canal de Briare, sur le même plateau; il a 18,722 mètres de longueur, et est établi, sur une étendue de 2,900 mètres, dans une tranchée qui a de 15 à 16 mètres de profondeur. Il tient lieu de bassin de distribution.

CANAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

Le nombre de ces canaux n'est pas considérable; nous ne citerons que celui de *Rive de Gier à Givors*, sur le Rhône. Il est remarquable par une percée souterraine, par sa position sur le penchant d'un coteau très-escarpé en quelques endroits, et surtout par le bassin qui, avec le Gier, sert à l'alimenter. Ce bassin, comparable à celui de Saint-Ferréol, retient les eaux du Couson, affluent du Gier.

TABLEAU indiquant la longueur des principaux Canaux de France, celle de leurs biefs de partage, la hauteur de ces biefs au-dessus de la mer, etc.

CANAUX.	LONGUEUR en kilomètres.	NOMBRE d'écluses.	BIEF CULMINANT.		
			Longueur.	HAUTEUR AU-DESSUS de la mer.	HAUTEUR AU-DESSUS des lieux désignés dans la première colonne.
DE MONSIEUR. . . .	321k,3	171	2804m	353m,70	
Saint-Jean-de-Losne. .					171,59
Dôle.					151,41
Strasbourg.					202,20
DE BOURGOGNE. . .	241,5	195	3936	390,11	
Saint-Jean-de-Losne. .					208
La Roche-sur-l'Yonne.					310,89
DE SAINT-QUENTIN. .	93,4	35	20245	83,33	
Chauny-sur-l'Oise. . .					41,19
Saint-Simon.					18,76
Saint-Quentin.					10,12
Cambray.					37,30
DU CENTRE . . .	116,8	81	3346	305,34	
Châlons.					131,34
Digoin.					80,92
DE BRIARE. . . .	55,3	41	2821	155,80	
Briare.					38,24
Buges-sur-la-Seine. . .					78,76
D'ORLÉANS. . . .	73,3	28	18722	117,26	
Combleux-sur-la-Loire.					29,86
Buges-sur-la-Seine. . .					40,22
DU MIDI. . . .	244,1	64	4847	189	
Toulouse.					63,60
Cette.					189

ITALIE.

Le canal d'*Ivrée à Verceil*, en Piémont, unit la Dora-Baltea et la Sésia. Il est navigable, et sert en outre à inonder momentanément les terres qui l'avoisinent : ses eaux laissent dans les campagnes un limon fécondant. (*Voyage en Piémont*, par M. Breton.)

Naviglio Grande et canal *de Martezana* (1). Ces canaux dérivés, le premier du Tésin, le second de l'Adda, aboutissent à Milan. Ils servent à la navigation et à l'arrosement des terres. Le Naviglio Grande est fort ancien ; le canal de la Martezana a été fait en 1460. La jonction des deux canaux, en 1497, quelques années après que les écluses à sas eurent été inventées, fut l'ouvrage de Léonard de Vinci.

La prise d'eau du Naviglio Grande est à Tornaventa, sur la rive gauche du Tésin, au-dessous d'un rapide très-prononcé, qui n'empêche pas que le Tésin soit navigable jusqu'au lac Majeur. Elle a environ 40 mètres de largeur : on n'y voit ni barrages, ni écluses. Le canal s'écarte peu du Tésin jusqu'à Castelleto, à un kilomètre d'Abbiate Grasso, où il fait un angle très-ouvert pour se diriger à l'est vers Milan.

Le canal de la *Martesana*, nom de la province qu'il traverse, est dérivé de l'Adda, un peu au-dessous de l'ancien château de Trezzo. Des murs épais le soutiennent sur les versans de la rive droite de l'Adda, à plusieurs mètres audessus du lit de cette rivière, jusques à un point pris à un kilomètre au nord de Cassano, où il fait un angle pour se diriger à l'ouest vers Milan. Il franchit sur un pont la Molgora, est traversé par le Lambro, et entre dans Milan entre la porte Neuve et la porte de Côme. Son niveau étant supé-

(1) Le P. Frisi a donné des détails intéressans sur ces canaux et sur plusieurs autres d'Italie. *Traité des rivières et des torrens*, augmenté du *Traité des canaux navigables*. Paris, 1774.

rieur à celui du Naviglio Grande de 10 mètres, sa jonction avec ce canal a exigé plusieurs écluses : la première est construite près de la place Saint-Marc, et la dernière près de la porte du Tésin. Les eaux des deux canaux se confondent dans un grand bassin, et sont portées par des canaux de fuite dans le lit du Tésin.

La largeur du Naviglio Grande est de 15 mètres; celle du canal de la Martezana est de 11. La longueur du premier est d'environ 60 kilomètres; celle du second est de 45.

Le canal navigable de *Bereguardo* est le prolongement de la dérivation du Tésin en petite section, depuis Abbiate Grasso jusqu'à Bereguardo, non loin de Pavie.

Le canal navigable *de Pavie* a été fait en 1805. Il communique avec le bassin du Naviglio Grande, à la porte du Tésin, et conduit de Milan à Pavie, en passant par Binasco.

Nous passons sous silence les canaux de Padoue, de Venise, de la Polésine, de Bologne, de Pise, etc.

Tous les canaux précédens sont de dérivation. Un grand canal à bief de partage, destiné à établir une communication directe entre le bassin du Pô et les bords de la Méditerranée, entre Alexandrie et Savone, fut projeté en 1807. Il ne fut pas commencé, mais il a donné lieu à des reconnaissances et à des nivellemens dans la chaîne des Apennins, qui ont d'autant plus d'intérêt, que la contrée que le canal aurait traversée a été fréquemment le théâtre de la guerre (1).

ROYAUME DES PAYS-BAS.

Presque toutes les villes un peu considérables de Belgique et de Hollande communiquent entre elles et avec la mer par des rivières ou par des canaux.

Bruxelles et Malines communiquent avec Anvers par des

---

(1) *Statistique de l'ancien département de Montenotte*, par M. le comte de Chabrol, 2 vol. in-4°. Paris, 1824.

canaux qui débouchent dans la Rupel, affluent de l'Escaut. Deux canaux maritimes aboutissent à Gand, au confluent de la Lys et de l'Escaut. Le canal d'Ostende à Bruges, auquel fait suite celui de Bruges à Gand, est remarquable par la grandeur de ses écluses, qui donnent passage à des bâtimens du port de 4 à 500 tonneaux. Une ligne non interrompue de canaux unit Dunkerque, Furnes, Nieuport et Ostende. C'est sur le canal d'Ypres à Nieuport que se trouve le sas de Bouzingue, souvent cité, qui rachète une chute de 6 à 7 mètres, et ne dépense que le tiers des eaux qui remplissent son bassin, des réservoirs pratiqués à une certaine hauteur recevant les deux autres tiers lorsqu'on vide le sas, et les lui rendant lorsqu'on l'emplit.

Le canal que la France fit commencer en 1807, sous le nom de *grand Canal du Nord*, pour joindre Anvers à Neuss sur le Rhin, aurait ouvert aux départemens de la rive gauche du Rhin une communication libre et directe avec l'Océan, facilité l'approvisionnement du port d'Anvers en bois de construction, et servi de ligne de défense en temps de guerre. La jonction des deux branches du canal séparées par la Meuse, devait se faire à Venloo. L'Espagne fit commencer, en 1626, un canal destiné également à la jonction d'Anvers avec le Rhin à Rhinberg, plus bas que Neuss, par Venloo et Gueldres. Une armée, commandée par le marquis de Spinola, en protégea les travaux pendant deux ans ; mais la Hollande, dont cette entreprise aurait menacé la prospérité, parvint à en empêcher l'exécution.

Le grand canal du Nord aurait eu deux biefs de partage ; celui de la partie du canal joignant Anvers à Venloo, aurait été alimenté, par une rigole navigable dérivée de la Meuse à Reckem, au-dessous de Mastricht.

Le Rhin se divise en plusieurs bras navigables dans les Pays-Bas : le principal est le Whaal, qui s'en sépare sur la rive gauche, à quelque distance au-dessous d'Emmerich ; il unit le Rhin à la Meuse. L'Yssel se sépare du Rhin au-dessus

d'Arnhem, et se dirige au nord vers la côte orientale du Zuiderzée, qui reçoit ses eaux. Le Leck se sépare du Rhin à Wyk, et se jette dans la Meuse à Rotterdam. De Wyk, le Rhin se dirige au nord-ouest, et, sous le nom de *Rhin tortu*, est encore navigable jusqu'à Utrecht : depuis cette ville jusqu'à Kattwyk, où il a son embouchure dans la mer, non loin de Leyde, il n'est plus navigable, et porte le nom de *Vieux Rhin.* La Vechte, que l'on considère encore comme un bras du Rhin, joint Utrecht à Muiden sur le Zuiderzée. Le canal de la Vechte à l'Amstel, ou l'Amstel tortu, établit une communication plus directe, par Nienwersluis, entre Utrecht et Amsterdam. Un canal important conduit de Rotterdam à Amsterdam par Delft, Leyde et Harlem. Le canal que l'on ouvre actuellement en très-grande section, à travers la Nord-Hollande, sous le nom de *grand canal du Nord*, mettra le port d'Amsterdam en communication avec le Helder; en sorte que les bâtimens destinés pour la capitale de la Hollande n'auront plus à traverser le Zuiderzée, ni à franchir la barre qui sépare cette mer de l'Ye, qui forme le port d'Amsterdam. Le canal principal, dans la Frise, est celui de Harlingen sur le Zuiderzée, à Delfzyl sur la Mer du Nord, par Leuwarden, Dokkum et Groningue.

On a donné une pente vers la mer à la plupart des canaux des Pays-Bas, pour les faire servir au desséchement des terres. Des machines diverses y élèvent les eaux; la communication avec la mer a lieu au moyen de fortes écluses de *garde* (1).

PRUSSE.

La Prusse est un des états de l'Europe les plus favorisés par le cours des rivières, et un de ceux où les canaux sont le

(1) On appelle écluses de *garde* des écluses qui ont deux portes d'aval busquées en sens contraire : elles sont nécessaires à l'embouchure des canaux, soit dans la mer, soit dans les rivières.

plus faciles à ouvrir. Elle est traversée par quatre grands fleuves : la Vistule, l'Oder, l'Elbe et le Rhin ; elle est maîtresse de l'embouchure des deux premiers, dans la Baltique ; l'embouchure des deux autres, dans la mer du Nord, est hors de son territoire. Ces fleuves ont des affluens navigables : l'Oder reçoit, à Custrin, la Wartha grossie de la Netz, qui est navigable; l'Elbe reçoit le Havel grossi de la Sprée, rivière également navigable. On compte 19 canaux en Prusse, mais plusieurs ne servent qu'au flottage. Voici les principaux canaux de navigation :

Le canal de *Bromberg* joint la Netze à la Brahe, affluent de la Vistule; il a 26 kilomètres de longueur depuis Nakel sur la Netze, jusqu'à Bromberg sur la Brahe. Le bief de partage est alimenté par des étangs et par un long canal de dérivation, tiré d'un point élevé sur la Netze, et appelé *Speise canal.* Sa longueur est de 16,000 mètres. Il est élevé de 5 mètres au-dessus de Nakel, et de 24 mètres au-dessus de Bromberg. Les écluses, au nombre de dix, deux d'un côté et huit de l'autre, ont d'abord été construites en bois. La partie du canal située sur le versant de la Netze, a été exécutée dans des terrains tourbeux ou sablonneux, et par conséquent les plus difficiles qu'on pût rencontrer.

Le canal de *Muhlrose* joint l'Oder à la Sprée. Sa longueur depuis Neuhaus sur cette rivière, jusqu'au point où il s'embranche sur l'Oder au-dessus de Francfort, est de 38 kilom. Le bief de partage est très-peu élevé au-dessus de la Sprée.

Le canal de la *Finow* joint l'Oder au Havel. Il est regardé comme plus important que le précédent, son point de jonction avec l'Oder étant moins éloigné de l'embouchure de ce fleuve. Sa longueur est de 43 kilomètres depuis Oderberg jusqu'au Havel; la différence de niveau des points extrêmes est, dans le bassin de cette rivière, de $2^{m},50$; dans le bassin de l'Oder, elle est de 36 mètres, et est rachetée par 19 écluses, parmi lesquelles 15 ont été construites dans la Finow, qui sert de canal jusqu'à son embouchure dans l'Oder.

Le canal de *Plauen* à l'Elbe est alimenté par le Havel, rivière sur laquelle il s'embranche près de Plauen.

Le canal de *Munster* se termine à Maxhafen, sur le Vecht, affluent de la rive orientale du Zuiderzée.

La fosse *Eugénienne*, dans la Prusse transrhénane, est l'ancien canal de la Meuse au Rhin, de Venloo à Rhinberg, que l'infante Isabelle Eugénie, archiduchesse du Brabant, fit commencer en 1626, et qui n'a jamais été achevé.

Le canal de la *Meuse au Rhin*, de Venloo à Neuss, ou plutôt à Grimlinghausen, village situé à une demi-lieue au-dessus de Neuss, a été commencé par la France en 1807, en même temps que le grand canal du Nord, dont il faisait partie. Il était très-avancé, lorsqu'en 1811 on a cessé d'y travailler. Sa longueur est de 53 kilomètres, sa largeur au fond de 13 mètres, et sa profondeur de $2^{m},60$. La position du bief de partage, long de 42 kilomètres, était indiquée par les marais de Schifbahn, d'où sortent deux cours d'eau, affluens, l'un de la Niers, qui se jette dans la Meuse, l'autre de l'Erft, qui se jette dans le Rhin. Sa hauteur fut fixée à $0^{m},65$ au-dessus des plus grandes eaux connues du Rhin, $7^{m},40$ au-dessus de l'étiage moyen de ce fleuve, 28 mètres au-dessus de la Meuse à Venloo.

RUSSIE.

Le canal *Ladoga* suit les bords du lac dont il porte le nom, depuis Schlusselbourg jusqu'à Novaia-Ladoga, à l'embouchure de la Volkow.

Ligne de jonction de la mer *Caspienne* et de la *Baltique*. Cette ligne, dont la longueur est de 600 lieues environ, se compose du cours du Volga jusqu'à Twer; du cours de la Twertsa, depuis Twer jusqu'au point où commence le canal de Vouichnei-Volotschok, qui unit la Twertsa et la Msta, affluent de la Volkow; du cours de la Msta; d'un canal très-court entre la Msta et la Volkow; du cours de la Volkow;

du canal Ladoga, et du cours de la Néva. La navigation est naturelle sur presque toute l'étendue de cette ligne de jonction, depuis Astracan jusqu'à Pétersbourg ; et sur l'étendue où elle est artificielle, elle est alimentée par de grands lacs, dont on tire abondamment toutes les eaux dont on a besoin.

Ligne de jonction de la mer *Caspienne* à la mer *Blanche*. Cette ligne se compose du cours du Volga jusqu'à l'embouchure de la Kama dans ce fleuve; du cours de la Kama; d'un affluent de cette rivière; d'un canal de 4 à 5 lieues de longueur (1), qui unit cet affluent à un affluent de la Dwina ; de cet affluent et du cours de la Dwina, qui a son embouchure dans la Mer Blanche à Archangel.

CANAL DE GOTHA EN SUÈDE.

La Suède a apprécié depuis long-temps l'importance d'établir une communication libre, par l'intérieur de son territoire, entre la Baltique et la mer du Nord ; mais ce n'est que depuis 1810 qu'elle fait travailler avec activité au canal de Gotha, destiné à établir cette communication. Ce canal doit être ouvert à la navigation en 1828.

Le Gotha-Elf et un canal latéral à ce fleuve, joignent la mer du Nord au lac Wener, élevé de $43^m,10$ au-dessus de cette mer. Le canal latéral tourne les cascades de *Trolhette*, que franchit le Gotha-Elf à peu de distance du point où il sort du lac Wener. La pente, qui en cet endroit est de 34 mètres sur une longueur de 2,100 mètres, doit être rachetée par sept écluses de $9^m,67$ de large, et de 60 mètres de long.

Un canal long de 35,860 mètres, et qui est exécuté, unit le lac Wener au lac Wiken, plus élevé de $48^m,40$. Il s'em-

---

(1) Suivant le *Globus*, journal géographique allemand, ce canal, appelé Kubens-Kische, n'est pas achevé.

branche sur la rive orientale du lac Wener, près de Siotorp, au nord-est de Mariestad, se dirige au sud-sud-est, et aboutit au lac Wiken, près de Tatorp. La différence de niveau est rachetée par 19 écluses, dont la dernière est située à Haistorp.

Le bief de partage se compose du canal précédent, depuis Haistorp jusqu'à Tatorp; du lac Wiken, qui reçoit les eaux d'autres lacs; d'un canal de 487 mètres de long, qui joint le lac Wiken au Billströmen; du Billströmen, et enfin d'un canal de 1,160 mètres de long, qui joint le Billströmen au lac Bottensjon. Sa longueur, depuis l'écluse de Haistorp jusqu'à celle de Forswik, la première des écluses situées sur le versant de la Baltique, est de 39,727 mètres; savoir : 19,664 comptés sur le lac Wiken, 486 sur le Billströmen, et le reste sur les canaux. Son élévation au-dessus de la mer est de $91^{m},50$.

Il y a 34 écluses et 5 canaux plus ou moins longs sur le versant de la Baltique.

La hauteur de chute de l'écluse de Forswik est de $3^{m},25$.

Le premier canal a 450 mètres de longueur, et unit les lacs Bottensjon et Wetter, qui sont de niveau. La navigation, de l'ouest à l'est, sera de 7,124 mètres sur le lac Bottensjon, et de 32,000 mètres sur le lac Wetter.

Le second canal, situé au nord de la rivière Motala, qui sort du lac Wetter et se jette dans la Baltique, unit le lac Wetter au lac Boren : il a 4,067 mètres de long. La différence de niveau, qui est de $15^{m},27$, est rachetée par 5 écluses. La navigation sur le lac Boren sera de 10,687 mètres.

Le troisième canal, long de 22,146 mètres, et sur lequel sont 15 écluses qui rachètent une chute de $40^{m},48$, joint le lac Boren au lac Roxen. Le trajet sur ce lac, depuis Lillevad jusqu'à Norsholm, sera de 25,381 mètres.

Le quatrième canal est long de 7,118 mètres, et joint le lac Roxen au petit lac d'Asplangen, sur lequel la navigation sera

de 4,987 mètres. La différence de niveau, qui est de 5^m,23, est rachetée par 3 écluses.

Enfin, le cinquième et dernier canal a 16,500 mètres de long, passe à Soderkoping, et débouche dans la Baltique à 5 kilomètres de cette ville. La différence de niveau entre le lac d'Asplangen et la Baltique, qui est de 27^m,25, est rachetée par 11 écluses.

La longueur des canaux, tous à peu de chose près terminés, est, entre le lac Wener et la Baltique, de 88 kilomètres; leur profondeur est de 2^m,97, et leur largeur au fond de 12^m,76. Les sas ont 7^m,12 de large, et 35^m,60 de long; leurs portes sont en fer. L'embouchure des canaux dans les lacs a exigé plusieurs écluses de garde. Les canaux du bief de partage ont été creusés dans une roche de nature granitique.

ERRATA.

Page 29, ligne 2, au lieu de ces mots : *le rapport des plans inclinés*, il faut : *le rapport de la hauteur des plans inclinés*, etc.

TABLE

DES MATIÈRES.

PREMIERE PARTIE.

DEUXIEME PARTIE.

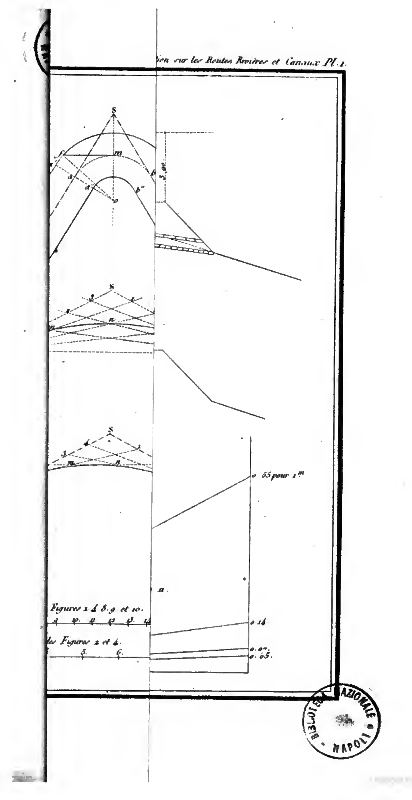
TROISIEME PARTIE.

NOTES SUR LES TRANSPORTS.

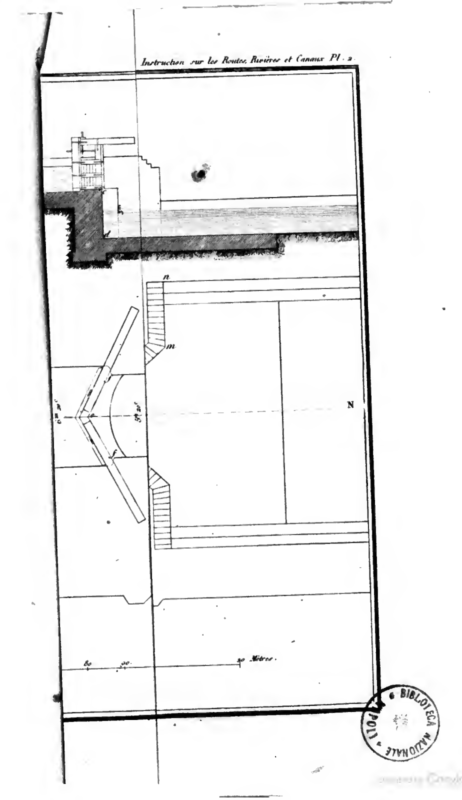
NOTES SUR LES PRINCIPAUX CANAUX D'EUROPE.

FIN DE LA TABLE.

De l'Imprimerie de DEMONVILLE, rue Christine, n° 2.


S
f
m
a
a'
b
b'
o
3,00
S
3
1
n
m
S
4
3
1
m
n
o 55 pour 1 m
n
Figures 1 4 8. 9 et 10.
9 10 11 12 13 14
o 14
les Figures 2 et 4.
5 6
o. 07.
o. 05.


BIBLIOTECA NAZIONALE NAPOLI



n
m
N
f
80
90
20 Mètres


BIBLIOTECA
NAZIONALE
NAPOLI


BIBLIOTECA